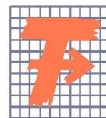


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - Textil

VZDUCHOVÁ FILTRACE – KABINOVÉ FILTRY

AIR FILTRATION – CABIN AIR

Bc. Hornychová Simona

KHT-006

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce: Ing. Jakub Hrůza, Ph.D.

David Brokl

Rozsah práce:

Počet stran..... 73

Počet obrázků..... 48

Počet tabulek..... 19

Počet příloh 1

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 3.5.2010

.....
Podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Chaloupkovi, Ph.D. a konzultantovi Davidu Broklovi za poskytování veškerých potřebných informací, rad, připomínek a pomoc při vypracování diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Jakubovi Hružovi, Ph.D. za pomoc při realizaci experimentu.

Také bych chtěla poděkovat všem, kteří mi pomáhali a podporovali při zpracování diplomové práce.

Anotace

Téma: Vzduchová filtrace – kabinové filtry

Diplomová práce se zabývá kabinovými filtry s použitím nanovláknenné vrstvy na filtračním médiu.

První část je věnována obecně vzduchové filtraci a výrobě nanovláken. Druhá část je věnována kabinové filtraci, studii kabinových filtrů na severoamerickém trhu s náhradními díly a prognóze vývoje ceny na tomto trhu. Dále jsou uvedeny hlavní výrobci na trhu kabinových filtrů, výrobci používající nanovláknena ve vzduchové filtraci, literární a patentová rešerše. V další části je zpracováno ekonomické zhodnocení a vliv zvýšení ceny filtračního média o nanovrstvu.

V experimentální části byla testována efektivita zachytu a tlakový spád. Následně bylo provedeno porovnání filtračních médií s nanovrstvou a bez nanovrstvy. Také byl zkoumán vliv teploty a vlhkosti na efektivitu zachytu a tlakový spád.

Klíčová slova:

- vzduchová filtrace
- kabinové filtry
- nanovláknenná vrstva
- filtrační médium
- efektivita zachytu
- tlakový spád

Annotation

Topic: Air filtration – cabin air

This thesis deals with cabin filters using nanofibers layers on a filtration medium.

The thesis is generally devoted to the air filtration and production of nanofibers. The second part is devoted to the cabin filtration, study of cabin filters in the North American market with spare parts and a price forecast at this market. Main producers remain at the market with cabin filters, producers using nanofibers at air filtration, literary and a patent background research. In the next section was worked up an economical evaluation and influence on price in case of adding further layer to the filtration medium.

At the experimental section was tested capture efficiency and loss of pressure. Subsequently was carried out a comparison of the filtration medium with and without nanofibers layers. It was also examined a temperature and moisture influence on capture efficiency and pressure drop.

Keywords:

- air filtration
- cabin air filters
- nanofiber layer
- filter media
- capture efficiency
- pressure drop

Obsah:

Seznam symbolů	9
1 Úvod.....	10
2 Filtrace	11
2.1 Dělení filtrů dle konstrukce	14
2.2 Filtrační vlastnosti.....	16
3 Nanotechnologie - elektrostatické zvlákňování	18
3.1 Proces elektrostatického zvlákňování	19
3.2 Zařízení pro tvorbu jednotlivých nanovláken nebo svazků	20
3.3 Nanospider TM	21
3.4 Zdravotní rizika spojená s výrobou nanovláknenných materiálů	23
4 Kabinové filtry	24
4.1 Funkce kabinových filtrů	24
4.2 Druhy kabinových filtrů.....	25
4.3 Filtrační média kabinových filtrů.....	27
4.4 Firmy vyrábějící filtrační média pro kabinovou filtraci	27
4.5 Umístění a výměna kabinových filtrů.....	28
5 Studie kabinových filtrů.....	29
5.1 Prognózy trhu.....	29
5.2 Výzvy trhu	31
6 Hlavní výrobci na trhu	35
6.1 Freudenberg Group	35
6.2 Affinia Group.....	36
6.2.1 Filtron.....	36
6.3 Mann & Hummel	37
6.4 3M.....	37
6.5 Orione filter.....	39
6.6 Valeo.....	39
6.7 Další významní výrobci na trhu s kabinovými filtry	40
7 Společnosti využívající nanovláken ve vzduchové filtraci	41
7.1 Donaldson Company.....	41
7.2 Hollingsworth and Vose	43
8 Trh s kabinovými filtry	44
8.1 Ceny kabinových filtrů na českém trhu	44
8.2 Cenová kalkulace filtračního média.....	45
8.3 Cenová kalkulace nanovláknenné vrstvy.....	47
8.4 Náklady na filtrační médium s nanovrstvou	48
9 Literární rešerše	50
9.1 Požadavky na kabinovou filtraci.....	50
9.2 Vliv teploty a vlhkosti na kabinové filtry	50
9.3 Požadavky na výrobní linky kabinových filtrů	51
9.4 Vývoj kabinové filtrace v automobilech.....	51
9.5 Test účinnosti kabinových filtrů	52
9.6 Nanovláknna ve vztahu k filtračnímu médiu	53
10 Patentová rešerše.....	54
10.1 Donaldson Copany Inc.....	54
10.2 Mycelx technologies corporation.....	56
10.3 Helsa automotive	56
11 Experiment.....	58

11.1	Příprava experimentu	58
11.2	Metoda měření pomocí aerosolu NaCl	59
11.3	Popis experimentu.....	61
11.3.1	Vliv teplotního zatížení.....	64
11.3.2	Vliv vlhkosti na filtrační médium	65
11.3.3	Shrnutí vlivu teploty a vlhkosti na efektivitu zachytu a tlakový spád	66
12	Závěr	69

Seznam symbolů

PA6	polyamid 6
PVA	polyvinylalkohol
\$	dolar
€	euro
E	efektivita záchytu
P	průnik částic
Δp	tlakový spád
A	plocha filtru
h	tloušťka filtru
η	dynamická viskozita
k	koeficient propustnosti filtru
G1	množství proniklých částic za filtrem
G2	celkové množství částic
p_1	tlak filtrovaného média před filtrem
p_2	tlak filtrovaného média za filtrem
J	jímavost filtru
E_s	střední hodnota efektivity
m	množství prachu
E_c	celková efektivita filtru
E_r	efektivita daná přímým záchytem
N_r	parametr přímého záchytu
E_i	efektivita daná setrvačným usazením
Stk	parametr setrvačného usazení
E_d	efektivita daná difúzním usazením
P_e	parametr difúzního usazení
E_e	efektivita daná elektrostatickým záchytem
N_q	parametr elektrostatického záchytu

1 Úvod

S rostoucí dopravou přibývá v ovzduší prachu a škodlivých plynů. V dnešní době se čím dál více klade důraz na zdraví člověka. Proto je důležité se chránit v automobilech před škodlivými vlivy z venkovního ovzduší pomocí kabinových filtrů. Kabinové filtry zajišťují snižování procenta škodlivých emisí v interiéru, zvyšování kvality vzduchu a lepší ventilaci při dopravní zácpě nebo při průjezdu tunelem.

Kabinové filtry lze dělit na částicové, kombinované (s aktivním uhlím) a kabinové filtry s elektrostaticky nabitými vlákny.

Tato diplomová práce se zabývá obecně filtrací a výrobou nanovláken. Druhá část byla věnována kabinové filtraci, studii kabinových filtrů na severoamerickém trhu s náhradními díly a prognózy vývoje ceny na tomto trhu. Nadále jsou uvedeny hlavní výrobci na trhu kabinových filtrů, výrobci používající nanovlákná ve vzduchové filtraci, literární a patentová rešerše. V další části bylo zpracováno ekonomické zhodnocení a vliv zvýšení ceny filtračního média o nanovrstvu. V experimentální části byla testována efektivita zachytu a tlakový spád v porovnání filtračních médií s nanovrstvou a bez nanovrstvy. Také byl zkoumán vliv teploty a vlhkosti na efektivitu zachytu a tlakový spád.

Diplomová práce byla též vedena společností Elmarco a řídila se jejich zpracovanou metodikou inovativnosti výrobků.

2 Filtrace

Filtrace: je metoda dělení pevné látky od kapaliny či plynu na porézní přepážce - filtru. Suspenze filtrem protéká, zatímco pevné částice filtr zachytí.

Dělení filtrace dle prostředí:

- kapalinová – čištění pitné vody, čištění odpadních vod, automobilové filtry (olejové filtry, filtry pohonných hmot)
- vzduchová – respirátory, systémy ventilace vzduchu (klimatizace), filtry do vysavačů, automobilové filtry (kabinové, motorové, výfukové filtry).

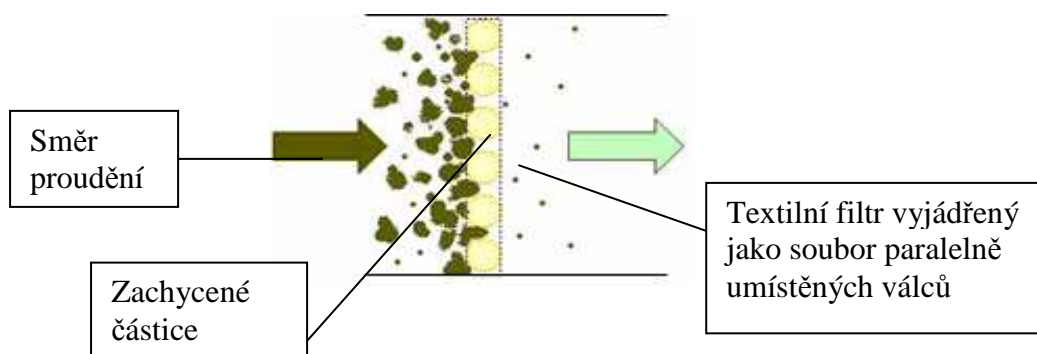
Dělení filtrace dle mechanismů:

- povrchová filtrace - částice se zachycují na povrchu filtru, kde vytvářejí vrstvu zvanou filtrační koláč.
- hloubková filtrace - částice procházejí porézním prostředím filtru a zachycují se v něm. Tloušťka filtru bývá mnohem větší než u povrchové filtrace.[1]

Povrchová (plošná) filtrace

Funkce filtru je podobná funkci síta při prosívání. Mezi funkcí filtru a síta však existuje celá řada rozdílů. Síto zachycuje částice větší než je oko síta se 100% účinností a zachycené částice jsou v přímém kontaktu s velkou oblastí síta vzhledem k rozměrům částice. Pro proces prosívání je rozhodující velikost oka síta a nikoliv tloušťka síta. Dvě stejná síta zařazená za sebou dávají stejný výsledek při prosívání jako síto jediné. Odtud je patrné, že největší význam při prosívání hraje povrch síta (jediná rovina), a proto se prosívání nazývá povrchovou filtrací. [2]

Mechanismus plošné filtrace je jednoduchý. Filtrem je mechanicky zachycena každá částice větší, než prostor mezi vlákny. Efektivita zachytu je tudíž jednoznačně dána distribucí velikostí pórů textilie. Hloubkovou filtraci charakterizuje skutečnost, že velikost zachytávaných částic je řádově menší, než velikost prostorů mezi vlákny. Zde se uplatňuje více filtračních mechanismů najednou. Schematický pohled na plošnou filtraci je zobrazen na obr. č. 1. [3]

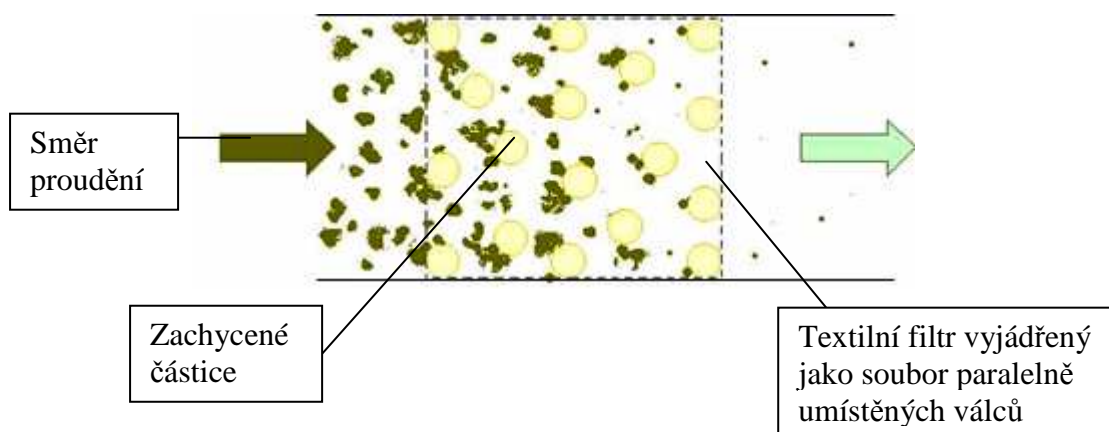


Obr. č. 1: Schematický pohled na plošnou filtraci. Vlákná filtru jsou vyjádřena jako válce orientované kolmo ke směru toku filtrované disperze. [4]

Hloubková filtrace

Na rozdíl od síta účinnost filtru roste s jeho tloušťkou avšak žádný filtr není 100% účinný. Nejjednodušší model filtru sestává z jednotlivých vrstev, které jsou nezávisle na sobě obsazeny vláknennou hmotou. Filtr je vysoce účinný i za předpokladu, že účinnost samotných vrstev je malá. Například pokud filtr se skládá ze sto vláknenných vrstev, z nichž každá zachycuje pouze 5% dopadajících částic, filtr jako celek bude zachycovat 99,4%. Tento proces se nazývá hloubková filtrace. Při hloubkové filtraci jsou zachycovány částice, které jsou mnohem menší než jsou charakteristické rozměry mezi-vláknenných prostor uvnitř filtru. [2]

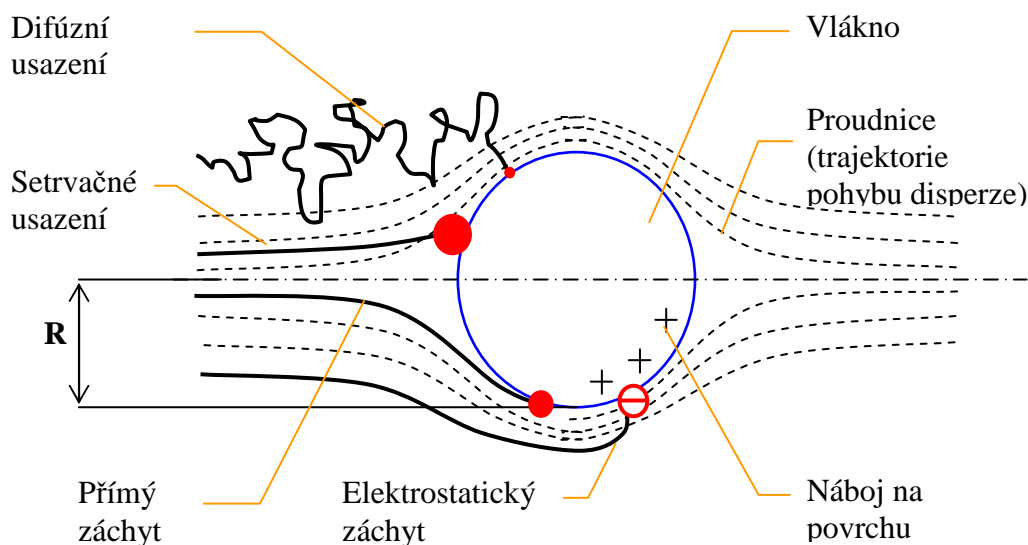
Hloubkovou filtraci charakterizuje skutečnost, že velikost zachytávaných částic je řádově menší, než velikost prostorů mezi vlákny. Zde se uplatňuje více filtračních mechanismů najednou. [3] Schematický pohled na hloubkovou filtraci je na obr. č. 2.



Obr. č. 2: Schematický pohled na hloubkovou filtraci. Vlákná filtru jsou vyjádřena jako válce orientované kolmo ke směru toku filtrované disperze. [4]

Na obr. č. 3 je modelová představa přiblížení částice k povrchu vlákna. Pro tyto úvahy platí předpoklad, že po kontaktu s vláknem je částice zachycena pomocí Van der Walsových sil, elektrostatických sil a sil vyvolaných povrchovým napětím. Filtrační mechanismy lze třídit následně:

- Přímý záchyt - princip mechanismu přímého záchytu vychází z představy částic pohybujících se shodně s tokem disperzního prostředí. Částice je zachycena, jakmile se přiblíží k povrchu vlákna na vzdálenost rovnou jejímu poloměru.
- Setrvačné usazení - částice charakterizované velkou rychlostí a hmotností nesledují zakřivení proudnic a podobny projektilům narážejí na povrch vláken.
- Difúzní usazení - malé částice v důsledku Brownova pohybu nesledují zakřivení proudnic a pronikají k povrchu vláken. Význam difúzního usazení roste s klesající rychlostí proudění filtrované disperze.
- Elektrostatické usazení - v důsledku působení přitažlivých sil daných nábojem na povrchu vlákna a zachytávané částice je trajektorie pohybu částice zakřivena směrem k vláknu. [3]



Obr. č. 3: Schematické vyjádření filtračních mechanismů hloubkové filtrace pro vlákno ve tvaru válce orientovaného kolmo ke směru pohybu filtrované disperze.[3]

Mechanismus gravitačního usazení

Přímo nesouvisí se záchytem částic v porézním prostředí. Každý filtrační mechanismus lze charakterizovat pomocí bezrozměrného parametru, který závisí na jednotlivých filtračních charakteristikách. Celková efektivita záchytu filtru je dána dílčími

efektivitami záchytu, které jsou funkcí parametru filtračního mechanismu. Tento vztah lze vyjádřit pomocí rovnice

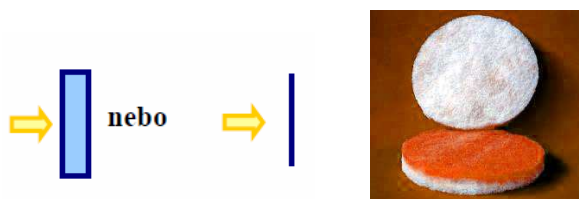
$$E_c = E_c \{E_r(N_r), E_i(Stk), E_d(Pe), E_e(Nq)\}, \quad (1)$$

kde E_c je celková efektivita filtru, E_r je efektivita daná přímým záchytem, N_r je parametr přímého záchytu, E_i je efektivita daná setrvačným usazením, Stk je parametr setrvačného usazení, E_d je efektivita daná difuzním usazením, Pe je parametr difuzního usazení, E_e je efektivita daná elektrostatickým záchytem a Nq je parametr elektrostatického záchytu. [3]

2.1 Dělení filtrů dle konstrukce

Ploché filtry

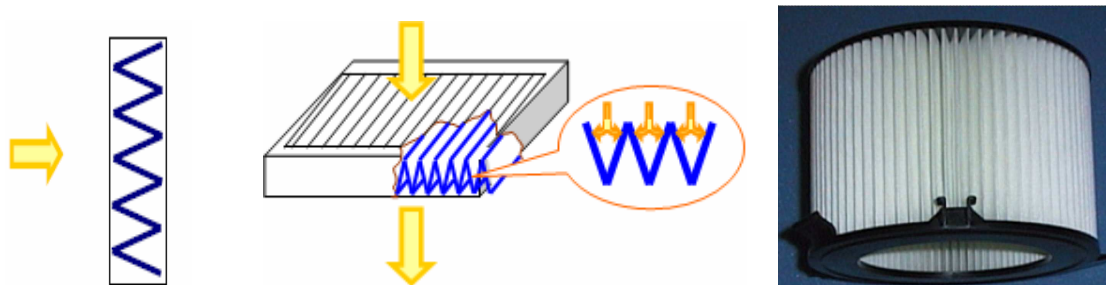
Nejjednodušší typ filtru z hlediska požadavků na konstrukci a jeho instalaci. Z hlediska mechanismu filtrace můžeme plochý filtr dělit na hloubkový a povrchový. Ukázka a schéma filtru je na obr.č. 4. Použití: hrubé filtry, předfiltry, vysavačové filtry.



Obr. č. 4: Ukázka a schéma plochého filtru. [1, 3]

Skládané filtry

Jedná se o plochý filtr poskládaný do tvaru harmoniky a zpevněný rámem. Z hlediska konstrukce je nutná dostatečná tuhost skládaného materiálu. Výhodou skládaného filtru je několikanásobné zvýšení filtrační plochy a z toho plynoucí vliv na tlakový spád, efektivitu a životnost filtru. Příklad použití: vysoce účinné filtry, HEPA filtry, kabinové filtry do automobilů. [3] Na obrázku č. 5 je zobrazeno schematické vyjádření skládaného filtru a jeho ukázka.



Obr. č. 5: Schematické vyjádření skládaného filtru a jeho ukázka. [1, 3]

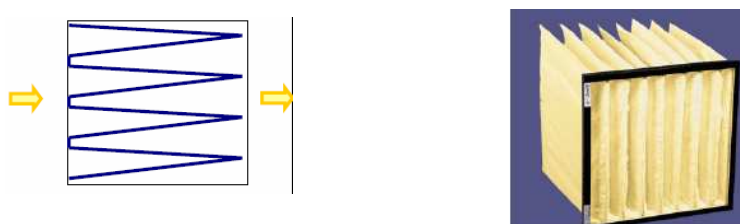
Vztah mezi filtrační plochou a tlakovým spádem vyjadřuje D'Arcyho rovnice

$$Q = \frac{A \cdot k \cdot \Delta p}{h \cdot \eta}, \quad (2)$$

kde Q je průtok (m^3/sec), Δp je tlakový spád (Pa), A je plocha filtru (m^2), h je tloušťka filtru (m), η je dynamická viskozita (Pa.sec) a k je koeficient propustnosti filtru (m^2). Tento vztah platí pro jakýkoliv porézní materiál, jehož struktura je zahrnuta v koeficientu k . [2, 3]

Kapsové filtry

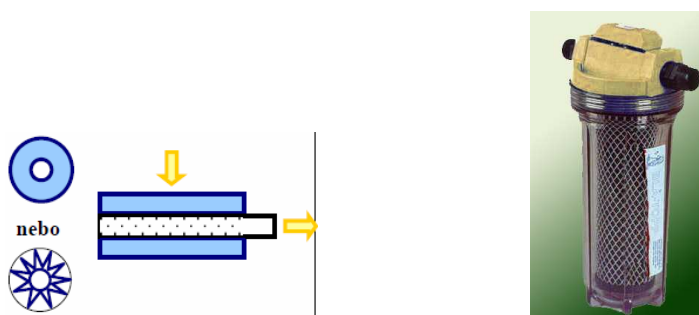
Jsou filtry ploché skládané, jejich tloušťka zhruba odpovídá ostatním rozměrům. Výhodou je použití materiálů, ze kterých nelze vytvořit skládané filtry, nevýhodou velké rozměry. Příkladem aplikace je filtr do klimatizační jednotky. [3] Na obrázku č. 6 je zobrazeno schematické vyjádření kapsového filtru a jeho ukázka.



Obr. č. 6: Schematické vyjádření kapsového filtru a jeho ukázka. [1, 3]

Patronové filtry

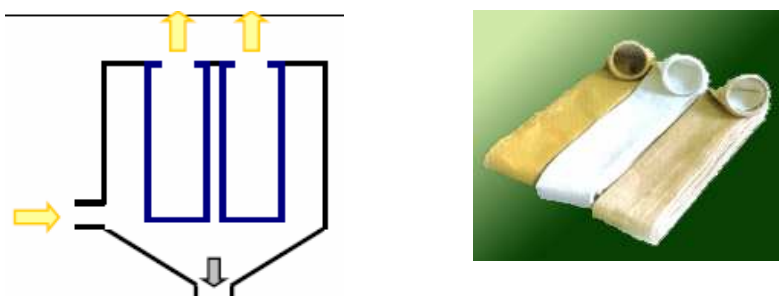
Patronové (svíčkové) filtry tvoří vlákenný filtr plochý nebo skládaný obtočený kolem perforované dutinky. Výhodou jsou jeho rozměry, využívá se především v průmyslu a to pro suchou i mokrou filtraci. [3] Na obrázku č. 7 je zobrazeno schematické vyjádření patronového filtru a jeho ukázka.



Obr. č. 7: Schematické vyjádření patronového filtru a jeho ukázka. [1, 3]

Hadicové filtry

Fungují na podobném principu jako patronové, ale jejich délka může být i několik metrů. Téměř vždy jsou čištěny zpětným protlakem, umístěny vedle sebe ve větším počtu a slouží k filtraci většího množství zachytávaných částic. Částice uvolněné při zpětném protlaku padají do prostoru pod filtry a jsou vysypávány. [3] Na obrázku č. 8 je zobrazeno schematické vyjádření hadicového filtru a jeho ukázka.



Obr. č. 8: Schematické vyjádření hadicového filtru a jeho ukázka. [1, 3]

2.2 Filtrační vlastnosti

Efektivita záchytu

Efektivita záchytu je poměr částic zachycených filtrem z celkového počtu částic, které filtr zachytí. Čím vyšší efektivita, tím je filtr účinnější. Efektivita je dána vztahem

$$E = \left(1 - \frac{G_1}{G_2} \right) 100 (\%) \quad (3)$$

kde G_1 je množství proniklých částic za filtrem (které nebyly zachyceny) a G_2 je celkové množství částic. Vyjádření G_1/G_2 je značen jako průnik filtru. [4]

Pro hodnocení filtru je důležitý fakt, že v důsledku změny struktury filtru v průběhu procesu filtrace se hodnota efektivity mění. To je dáno tím, že částice zachycené na povrchu vlákna se samy stávají filtrem a zvyšují tak jeho činnou plochu. [3]

Tlakový spád

Tlakový spád definuje rozdíl tlaku před a za filtrem. Vyjadřuje odpor vůči toku vzduchu skrz filtr. Tlakový spád je dán vztahem

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (4)$$

kde p_1 je tlak filtrovaného média před filtrem a p_2 je tlak filtrovaného média za filtrem. Čím nižší tlakový spád, tím lepší kvalita filtru. [4]

K vyjádření poklesu tlaku je nutné uvést i rychlost toku vzduchu těsně před filtrem, neboť s jejím růstem roste i tlakový spád (většinou lineárně). [3]

Životnost filtrů

Životnost filtru je daná dobou, kdy je třeba filtr vyměnit. Z hlediska životnosti známe filtry jednorázové a filtry s čištěním. Pro jednorázové filtry je životnost ovlivněna koncentrací částic ve vzduchu a množstvím částic, které je schopen pojmout do chvíle, kdy je tlaková ztráta příliš vysoká. Životnost lze definovat pomocí jímavosti

$$J = E_s m, \quad (5)$$

kde J je jímavost filtru, E_s je střední hodnota efektivity a m je množství prachu naneseného na filtr do okamžiku překročení mezního tlakového spádu. Pro filtry s čištěním je životnost dána délkou intervalu mezi čištěním a počtem čištění do okamžiku, kdy pevnost filtru neodpovídá požadavkům procesu filtrace. [3, 4]

3 Nanotechnologie - elektrostatické zvlákňování

- Nanotechnologie - obecně označuje technický obor, který se zabývá tvorbou a využíváním materiálů v měřítku nanometrů (10^{-9} m).
- Nanovláknna jsou vlákna jejichž průměr se pohybuje v rozsahu nanometrů, jsou to tzv. submikronová vlákna.
- Elektrostatické zvlákňování je proces využívající elektrostatických sil k utváření jemných vláken z polymerního roztoku nebo polymerní taveniny. [5]

Elektrostatické zvlákňování je způsob přípravy ultrajemných vláken z polymerního roztoku nebo polymerní taveniny pomocí elektrostatických sil. Častěji jsou však zvlákňovány polymery ve formě roztoku. [6]

Elektrostatické zvlákňování je nejefektivnější způsob přípravy nanovláken, avšak existují i jiné metody výroby:

- tažení
- syntéza šablonou
- fázová separace
- samosestavování
- technologie Melt-blown
- výroba bikomponentních vláken – typ „ostrovy v moři“.

Vlastnosti nanovláken:

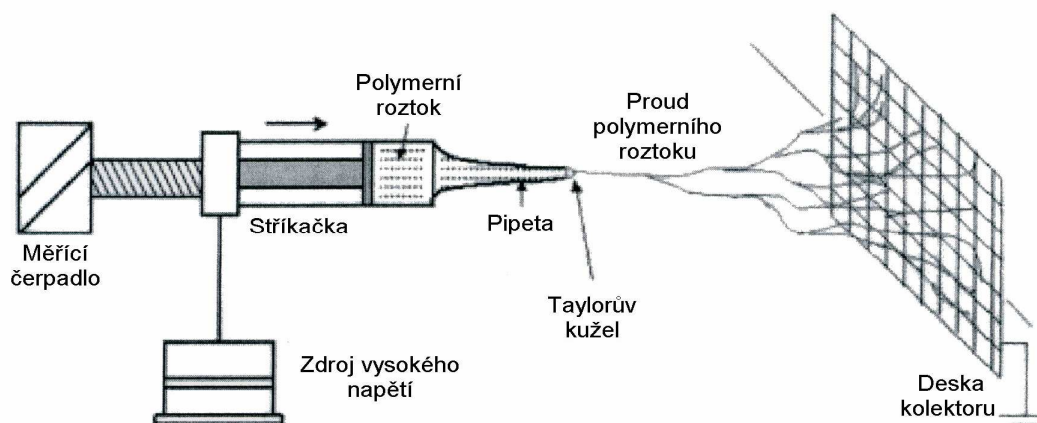
- velký měrný povrch
- vysoká porozita nanovláknenných vrstev
- malá velikost pórů nanovláknenných vrstev.

Nanomateriály díky svým unikátním vlastnostem jsou vhodné pro aplikace:

- kompozity
- filtrace
- separační membrány
- kosmetika
- biomedicína
- ochranné oděvy
- nosiče chemických katalyzátorů. [5]

3.1 Proces elektrostatického zvlákňování

V procesu elektrostatického zvlákňování je využito vysoké napětí k vytvoření elektricky nabitého proudu polymerního roztoku nebo taveniny. Elektroda vysokého napětí je spojena přímo s polymerním roztokem, kolektor je uzemněn. Zdroj vysokého napětí vytváří elektrostatické pole, které formuje elektricky nabitý proud polymerního roztoku či taveniny, který je vypuzen z kapiláry. Roztok je následně zvlákněn. Díky vysokému elektrickému napětí mezi špičkou kapiláry a uzemněným kolektorem vzniká tzv. Taylorův kužel na špičce kapiláry. Dalším zvýšením elektrického pole je dosaženo kritické hodnoty, při které odpudivá elektrostatická síla překoná povrchové napětí a ze špičky Taylorova kuželu je vypuzen nabitý proud kapaliny. U proudu roztoku dojde k odpaření rozpouštědla a na povrchu kolektoru se vytvoří nanovláknenná vrstva. Na obr. č. 9 je zobrazen proces elektrostatického zvlákňování. [6]



Obr. č. 9: Schéma principu elektrostatického zvlákňování – horizontální kapilára. [6]

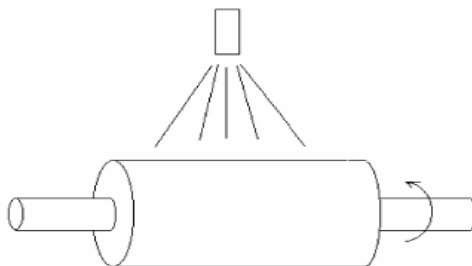
Tryska může být v některých případech umístěna i vertikálně a místo vstřikování je pak k vytlačení roztoku použito gravitační síly. Zařízení se často liší různými variantami uzemněného kolektoru, na který jsou vlákna ukládána. Většinou je kolektor tvořen plochou kovovou deskou či sítí. Nanovláknna vyrobená na těchto zařízeních jsou ve formě nanovláknenné vrstvy, ve které jsou vlákna náhodně uspořádána. [7]

Existuje několik variant zařízení, která produkují jednotlivá nanovláknna nebo nanovláknenné svazky. Tyto zařízení se liší především typem a vlastnostmi kolektoru.

3.2 Zařízení pro tvorbu jednotlivých nanovláken nebo svazků

Válcový kolektor s vysokou rychlostí otáčení

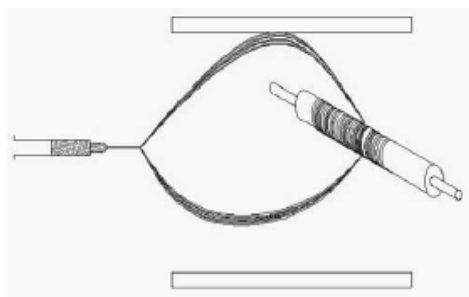
Na obr. č. 10 je zobrazen rotační kolektor válcového typu s vysokou rychlostí otáčení (více než 1000 ot/min). U tohoto typu kolektoru jsou výsledná nanovlákná částečně orientována ve směru pohybu kolektoru. Úplné jednoosé orientace nebylo dosaženo, jelikož je obtížné kontrolovat chaotický pohyb roztoku štěpícího se na drobné filamenty. [7]



Obr. č. 10: Válcový kolektor s vysokou rychlostí otáčení. [7]

Elektrostatické zvlákňování s přidavným elektrickým polem

Podstatou této patentované technologie je asymetricky uložený rotační válec, který je elektricky nabitý a je umístěn mezi dvěma elektrostaticky nabitými deskami, zobrazeno na obr. č. 11. Cílem bylo zlepšení orientace vláken – dosažení podélně orientovaných vláken po obvodu válečku. Vlákná s větším průměrem se podařilo prstencově orientovat, avšak u malého průměru zůstala náhodná orientace vláken. [7]

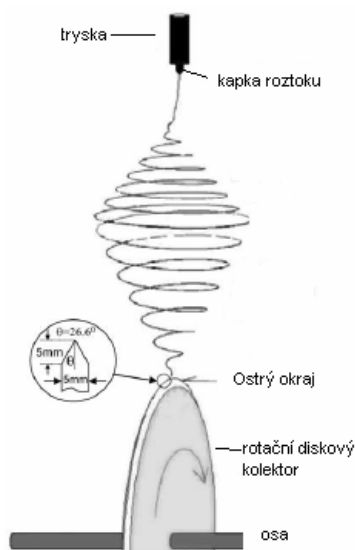


Obr. č. 11: Schéma elektrostatického zvlákňování s přidavným elektrickým polem. [7]

Rotační diskový kolektor s ostrým krajem

U této technologie jsou jednotlivá nanovlákná umístěna a narovnána na ostrý hrot rotačního uzemněného kolektoru. Ten je na okraji zúžen do ostrého hrotu na němž se koncentruje elektrické pole, tudíž téměř všechna nanovlákná jsou kontinuálně přitahována na hrot rotačního kolektoru, zobrazeno na obr. č. 12. Tento kolektor přinesl

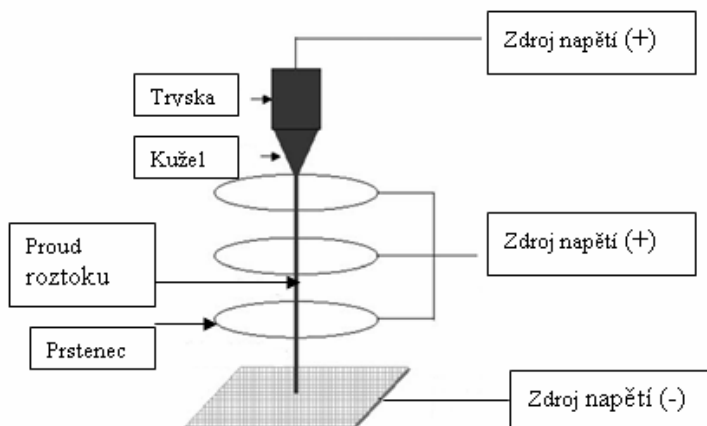
významné zlepšení ve sběru narovnaných nanovláken. Schéma elektrostatického zvlákňování s rotačním diskovým kolektorem. [7]



Obr. č. 12: Schéma elektrostatického zvlákňování s rotačním diskovým kolektorem. [7]

Technika vícenásobných elektrických polí

Proud polymerního roztoku, který je obvykle v chaotickém kmitavém pohybu, je při působení několikanásobných elektrických polí do jisté míry narovnan. Schéma techniky vícenásobných polí je zobrazeno na obr. č. 13. [7]



Obr. č. 13: Schéma techniky vícenásobných polí. [7]

3.3 Nanospider™

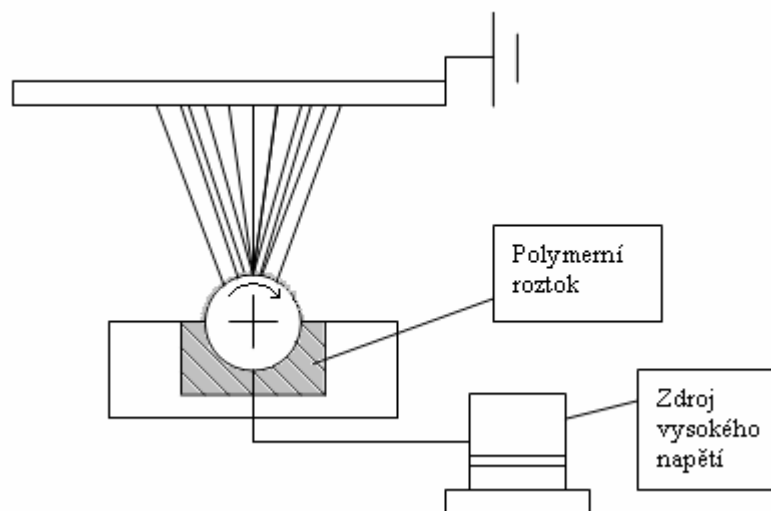
Nanospider™ je technologie, která umožňuje průmyslovou výrobu nanovláken o průměru 50 až 250 nebo více nanometrů. Tato metoda byla vyvinuta a patentována katedrou netkaných textilií Technické univerzity Liberec. Společnost Elmarco je

výhradním partnerem TUL a jako jediná na světě je výrobcem této technologie v průmyslovém měřítku.

Tato technologie nevyužívá žádných trysek ani kapilár pro tvorbu nanovláken. Jednou z možností je válec částečně ponořený v roztoku polymeru. Válec se otáčí kolem své osy a přitom se na jeho povrchu vytváří tenký film roztoku polymeru. V horní úvrati rotačního pohybu válce, což je současně místo s nejnižší vzdáleností od kolektoru, se v důsledku maximální intenzity elektrického pole začnou vytvářet mnohačetná ohniska Taylorových kuželů, která následně vyústí v proces zvlákňování. Tím je dosaženo vysoké výrobní kapacity zvlákňování. Nejnižší plošná hmotnost vrstvy v průmyslovém využití je 0.03 g/m^2 . [8] Na obrázku č. 14 je zobrazen detail zvlákňování přístroje Nanospider a na obr. č. 15 je schematické vyjádření nanospideru.



Obr. č. 14: Detail zvlákňování přístroje Nanospider. [9]



Obr. č. 15: Schematické vyjádření Nanospideru.

Zvlákňování není jednoduchý proces, velkou roli při tomto procesu hrají různé parametry.

Parametry materiálu, který zvlákňují:

- koncentrace roztoku
- rozpouštědlo
- viskozita
- povrchové napětí
- vodivost roztoku.

Parametry zařízení:

- napětí
- vzdálenost elektrod, jejich tvar, nosný materiál na který zvlákňují
- rychlost otáčení válečku.

Parametry okolního prostředí:

- teplota, relativní vlhkost.

3.4 Zdravotní rizika spojená s výrobou nanovláknenných materiálů

Společnost Elmarco provedla výzkum se zaměřením na zdravotní rizika spojená s výrobou nanovláknenných materiálů. Tyto informace jsou použity z jejich interních podkladů.

Vniknutí nanovláken do organismu lze třemi cestami:

- vdechnutí
- průchod přes pokožku
- sliznicemi.

V souvislosti s technologií Nanospider™ se společnost zaměřila na riziko vdechování při případném úletu nanovláken při výrobě.

Měření úletu aerosolových nanovláken PA6, PVA při jejich výrobě prokázalo, že prakticky k žádným úletům nedochází. Obsluha technologie Nanospider™ není tedy riziku vdechování polymerních nanovláken při výrobě plošných nanovláknenných vrstev vystavena. V případě zpracování těchto materiálů v technologickém kroku, který by způsoboval destrukci vrstvy a tím umožňoval uvolňování shluků nanovláken a jejich volný úlet je třeba chránit dýchací ústrojí respirátorem třídy FFP2.

4 Kabinové filtry

Historie: kabinové filtry se začaly vyrábět koncem roku 1980, původním vybavením se staly v polovině devadesátých let v mnoha evropských zemích a Japonsku.

4.1 Funkce kabinových filtrů

Kabinové filtry zachycují ze vzduchu pyly a jiné nežádoucí částice jako jsou škodlivé plyny. Udrží vnitřek vozu bez prachu, sazí ze vznětových motorů nebo částic z otěru pneumatik. Zajištění lepšího klimatu v interiéru vozu má značný význam zejména pro alergiky, astmatiky a děti.

Filtrace vzduchu vstupujícího do vozidla je velice důležitá pro bezpečnost jízdy a především pro zdraví cestujících. Kabinové filtry zajišťují snižování procenta škodlivých emisí v interiéru, zvyšování kvality vzduchu a lepší ventilaci při dopravní zácpě nebo při průjezdu tunelem. [10]

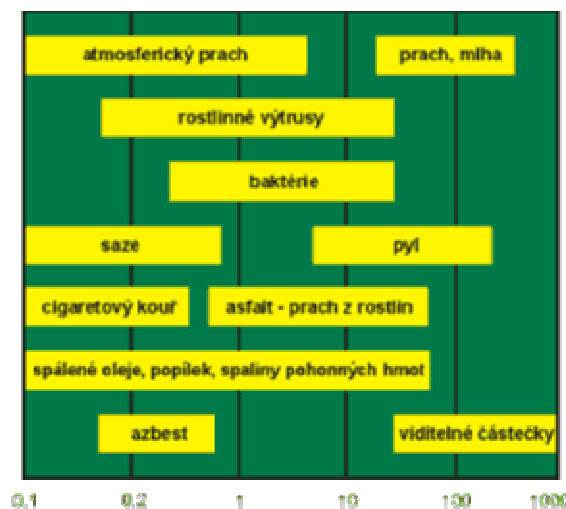
Nepřítomnost nebo nepravidelná výměna kabinových filtrů způsobuje:

- snižování pozornosti řidiče v důsledku nekvalitního přísunu čerstvého vzduchu
- zamlžování oken
- nárůst bakterií a kontaminace v systému klimatizace - ta se pak stává méně účinná.

Ve vzduchu jsou obsaženy částice nečistot:

- částice o velikosti větší než 3 μm - pyly, výtrusy a prach, ty jsou kabinovými filtry zachyceny stoprocentně
- částice pod hranicí 1 μm , tedy tzv. částice procházející plícemi, což jsou bakterie, viry ale také saze spalín vznětových motorů, jsou kabinovými filtry odstraněny z více než osmdesáti procent. [11]

Rozložení částeczek znečišťujících atmosféru dle velikosti, uvedeno v mikrometrech je zobrazeno na obr. č. 16.

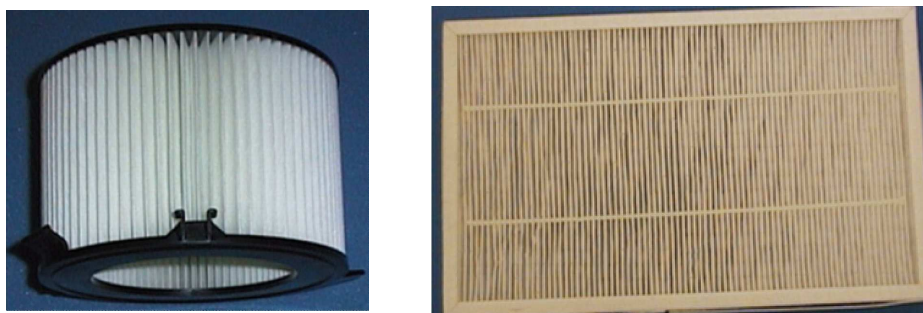


Obr. č. 16: Rozložení částeczek dle velikosti. [11]

Filtry jsou konstruovány tak, aby co nejvíce potlačily škodlivé vlivy znečištěného ovzduší. Základem je dokonalý filtrační papír s přesně formovanými póry a strukturou vláken.

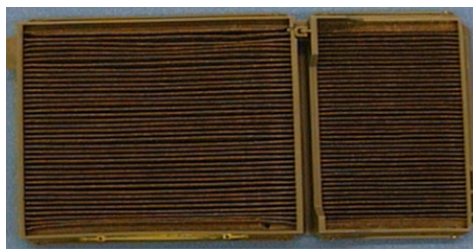
4.2 Druhy kabinových filtrů

Standardní kabinové filtry (částicové) – čistí: pyl, spóry, prach, částčky uvolněné z vozovky, spaliny a podobné nečistoty. Likvidují až 100% částeczek nečistot. Papírové filtry pro osobní vozy mívají obvykle dvě filtrační vrstvy, jednu pro hrubší, druhou pro jemnější nečistoty. V některých případech, vrstvy tvoří kromě celulóзовého papíru také mikrovlákené rouno a impregnaci epoxidových pryskyřic, které zajišťují odpuzování vody a mimo jiné též vylučují možnost zamrznutí vody uvnitř filtru. [11, 12] Na obr. č. 17 ukázka částicových kabinových filtrů.



Obr. č. 17: Částicové kabinové filtry.

Kombinované kabinové filtry (s aktivním uhlím) - likvidují nebezpečné ozonové a výfukové plyny. V současné době patří mezi nejdokonalejší kabinové filtry ty, které ke dvěma či více filtračním vrstvám přidávají ještě vrstvu uhlíku. Ta dokáže pohlcovat molekuly škodlivých plynů jako jsou oxidy dusíku a ozon. Prakticky to znamená, že obsahují částicový filtr a filtr plynů a zápachů. Tato technika filtruje částičky do 0,5 mikronu z 95% a od 0,5 mikronu do 1 mikronu až na 99,9%. [11] Na obr. č.18 jsou zobrazeny ukázky kabinových filtrů s aktivním uhlíkem.



Obr. č. 18: Ukázky kabinových filtrů s aktivním uhlím.

Kabinové filtry s elektrostaticky nabitými vlákny - pro kabinové filtry lze také použít vrstvu z mikrovláknenného roouna, na bázi polykarbonátu, která je elektrostaticky nabitá. Ta zachycuje nejmenější částice i pomocí statické elektřiny. [11]

Kabinové filtry používané v průmyslu - pro bezpečnost a efektivitu práce je důležité pracovní prostředí. Úkolem kabinového filtru je zajistit za všech okolností čistý vzduch v kabině pracovního stroje, a to dokonce i v případě, kdy se stroj používá ve velice prašném prostředí se zplodinami. Speciální kabinové filtry, jsou určeny pro práci v místech, kde je vzduch znečištěn asbestem, například při demolicích. Dvě filtrační vložky jsou doplněny třetím mikrofiltrem se skleněnými vlákny, který z 99% odfiltruje pronikání vláken asbestu. [13] Kabinový filtr se skleněnými vlákny na obr. č. 19.



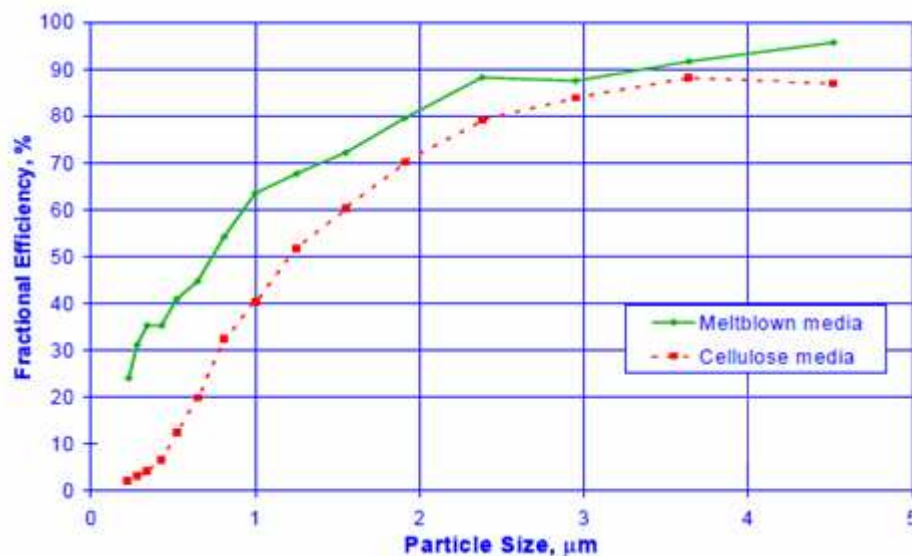
Obr. č. 19: Kabinový filtr se skleněnými vlákny. [13]

4.3 Filtrační média kabinových filtrů

Pro kabinovou filtraci se používají média typu:

- celulóзовý papír
- meltblown.

V grafu na obr. č. 20 je porovnání celulóзовého a meltblown filtračního média. Na ose x je zobrazena velikost částic a na ose y efektivita zachytu.



Obr. č. 20: Porovnání celulóзовého filtračního média s meltblown filtračním médiem.

[14]

Z grafu vyplývá, že efektivnější médium je meltblownové, avšak pro levnější cenovou kategorii kabinových filtrů se stále více používá celulóзовý papír.

4.4 Firmy vyrábějící filtrační média pro kabinovou filtraci

Filkom s.r.o. - je českou firmou, která vznikla v roce 1992. Vyrábí filtrační média pro vzduchovou, plynovou a kapalinovou filtraci.

Filtrační média pro vzduchovou filtraci - z celulóзовých papírů

- polyesterová filtrační média. [15]

Ahlstrom Corporation – společnost byla založena 1850. Zaměřuje se na širokou paletu filtračních médií. Pro kabinovou filtraci vyrábí média s aktivním uhlíkem, s elektrostaticky nabitými vlákny. [16]

Neenah Gesser - nabízí širokou škálu filtračních médií na základě celulózy, polyesterový spunbond s elektrostaticky nabitými vlákny. [17]

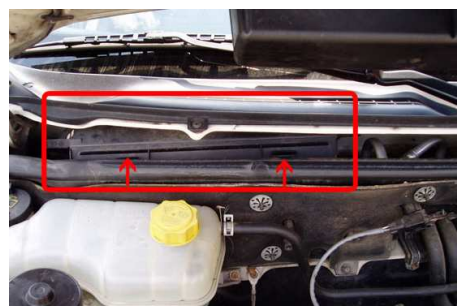
Hollingsworth and Vose – zabývá se výrobou filtračních médií. Tato firma již používá na svých filtračních médiích nanovláknennou vrstvu. Více popsáno v kap. 7.2.

4.5 Umístění a výměna kabinových filtrů

Kabinový filtr, bývá nejčastěji umístěn za příhrádkou spolujezdce, či pod kapotou automobilu. Auta vyšších tříd a výbav mají též kabinový filtr, který filtruje ještě vzduch v autě obíhající při takzvané vnitřní cirkulaci, zobrazeno na obr. č. 21. Tuto cirkulaci si elektronická klimatizace navolí sama při velkém znečištění vzduchu přicházejícího zvenku. [18] Umístění kabinového filtru pod kapotou automobilu je zobrazeno na obr. č. 22 a umístění za příhrádkou spolujezdce je zobrazeno na obr. č. 23.



Obr. č. 21: Proudění vzduchu přes kabinové filtry. [19]



Obr. č. 22: Umístění kabinového filtru pod kapotou automobilu. [18]

Pokud výrobce neuvádí jinak, výměna kabinového filtru se doporučuje 1x za rok nebo po každých 15 000 ujetých kilometrech. Kabinový filtr lze měnit kdykoliv, ale vhodná doba nastává po odeznění jarních měsíců, kdy bylo v ovzduší nejvíce výtrusů rostlin a pylu z květů, jež filtr nejvíce zanášejí. [18] Umístění a vyjmutí kabinového filtru je zobrazeno na obrázcích č. 23 a 24.



Obr. č. 23: Umístění kabinového filtru za příhrádkou spolujezdce. [18]



Obr. č. 24: Vyjmutí kabinového filtru za příhrádkou spolujezdce. [18]

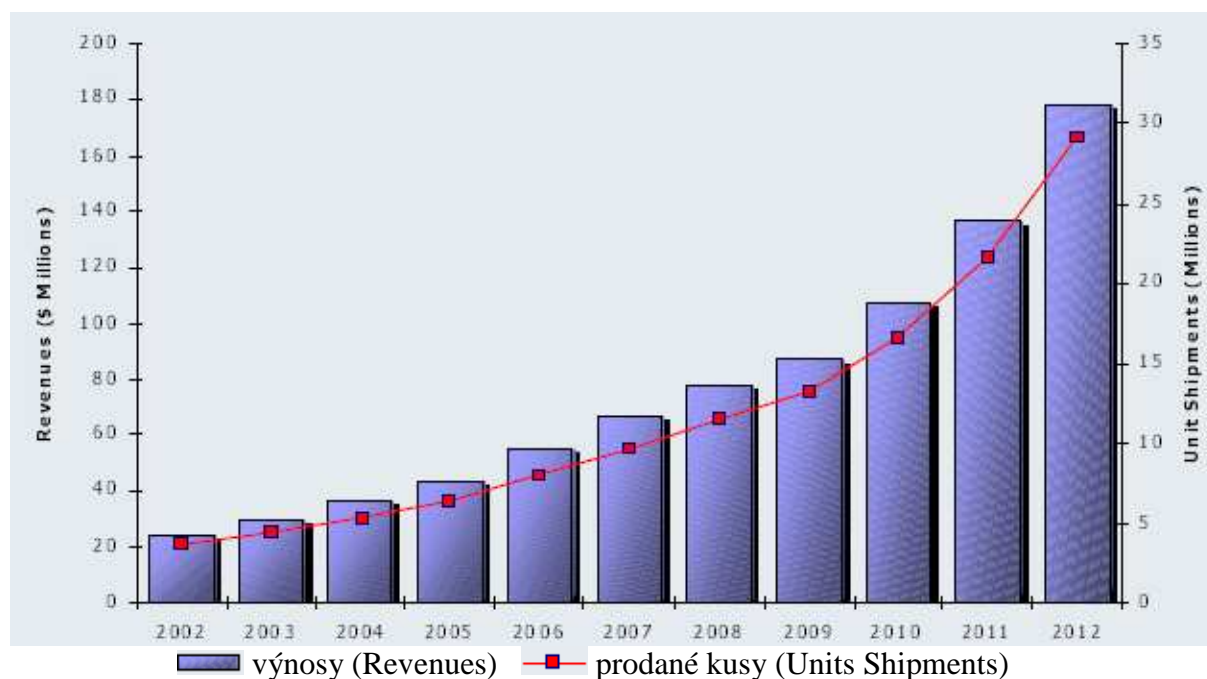
5 Studie kabinových filtrů

Studie kabinových filtrů na severoamerickém trhu s náhradními díly do vozidel, zahrnuje osobní a nákladní automobily s hmotností pod 6 350 kg. Tuto studii provedla společnost Frost & Sullivan v roce 2005.

5.1 Prognózy trhu

Na obr. č. 25 studie ukazuje na ose x prognózu trhu od roku 2002 do 2012. Na ose y vlevo jsou výnosy v milionech dolarů a na ose y vpravo jsou prodané kusy v milionech.

Prognóza trhu

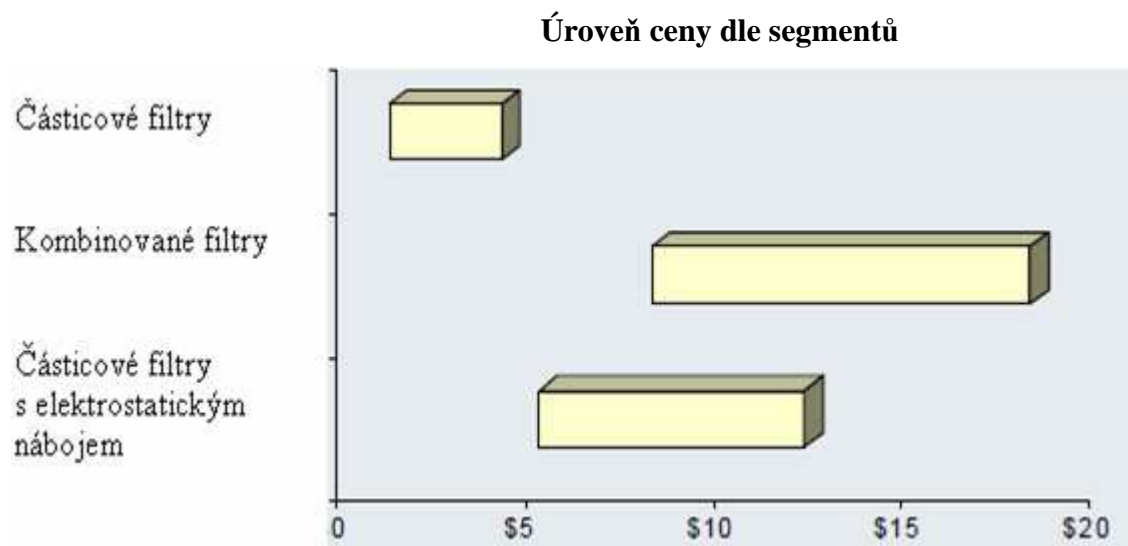


Obr. č. 25: Prognóza trhu počtu prodaných kusů a výnosů do roku 2012. [20]

V roce 2005 počet prodaných kusů kabinových filtrů činil přibližně 6,4 milionu. Je to výrazný nárůst přibližně o 3,7 milionů od roku 2002. Roku 2012 se odhaduje počet celkově 29,2 milionů, zaznamenaná míra nárůstu činí 24,2% v období 2002-2012.

Tržby kabinových filtrů v roce 2004 činily \$ 44,1 milionu. Poptávka se téměř zdvojnásobila od roku 2002. Tržní potenciál pro celý severoamerický trh kabinových filtrů s náhradními díly by měl být dosažen na 178,3 milionů amerických dolarů do roku 2012. Růst v krátkodobém až střednědobém horizontu bude řízen vyššími sazbami za výměnu filtru během životnosti automobilu. Růst ve střednědobém až dlouhodobém

horizontu bude řízen počtem nových vozidel vybavených kabinou filtrací. Ceny budou stabilní v krátkodobém až střednědobém horizontu, v dlouhodobém horizontu dojde k poklesu ceny z důvodu vstupu nových výrobců na trh. Na obr. č. 26 jsou zobrazeny ceny kabinových filtrů dle jejich rozdělení pro rok 2005. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech. [20]



Obr. č. 26: Zobrazení cen filtrů dle segmentů. Ceny jsou uvedeny v amerických dolarech. [20]

Průměrné náklady na kabinové filtry se pohybují okolo \$ 6,88, zatímco průměrná maloobchodní cena v druhém nebo třetím místě prodeje činí \$ 25. Vysoká zisková marže dává mechanikům motivaci k pravidelné výměně filtrů jako součást běžné údržby. [20]

Strategie a plánování

V tabulce 1 je uveden průzkum trhu za rok 2005 na severoamerickém trhu a vývojové tendence.

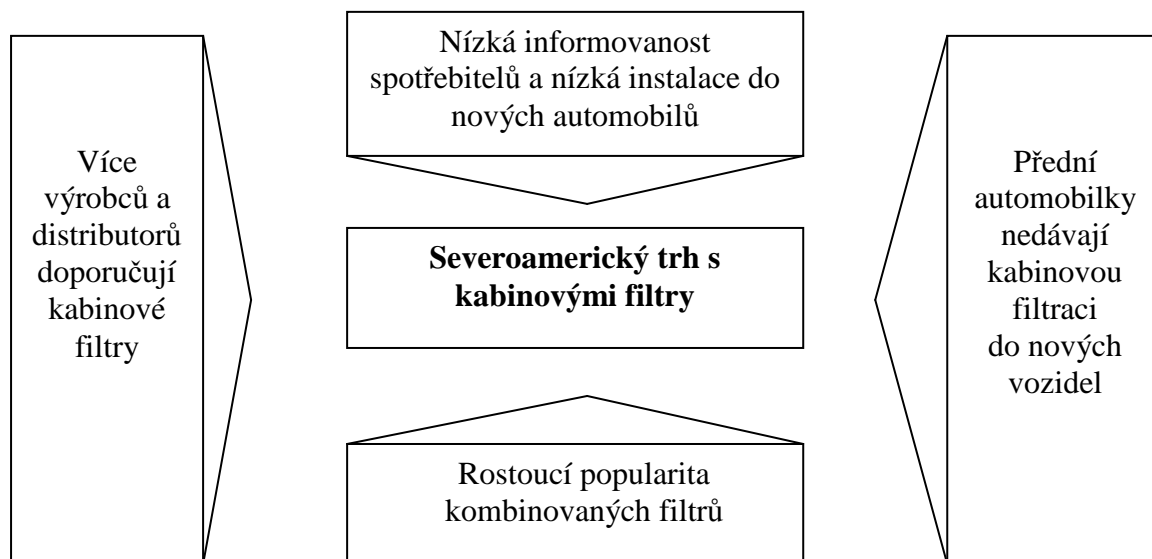
Tab. 1: Průzkum trhu za rok 2005 na severoamerickém trhu. [20]

Průzkum trhu	Velikost	Vývojová tendence
Trh (2005)	počátek / růst	dozrávání
Tržby (2005)	\$ 44,1 milionů	vysoký růst
Potencionální tržby (2012)	\$178.3 milionů	trvalý růst
Míra růstu na trhu ve výchozím roce (2005)	20,8%	expandující
Předpověď míry růstu (2006-2012)	22,1%	shodná
Počet kusů	6,4 milionů	střední/vysoký růst
Sytost (stávající / potencionální uživatelé)	přibližně 30%	pozvolný růst
Průměrná doba na výměnu filtr	ročně	neměnná
Průměrná cena	\$ 6,88	stabilní
Cenové rozpětí	\$5 a více než \$ 20	zúžení
Cenová závislost	střední	zvyšující
Potencionální zákazníci	přibližně 70 milionů	rostoucí
Konkurující firmy	přibližně 27	zvyšující
Stupeň hospodářské soutěže (1 = nízká, 10 = vysoká)	6	stupňující
Technické změny	nízká / střední	klesající
Zastoupení na trhu největšími firmami	76,4%	méně koncentrovaný

5.2 Výzvy trhu

Někteří přední výrobci automobilů chtěli odstranit kabinové filtry jakožto součást nového vozidla, byl to návrh na snížení výrobních nákladů. Avšak byly značné reakce a preference spotřebitelů na osobní a nákladní automobily vybavené kabinovými filtry. Tudíž je výrobci opět zařadili do pozdějších nových modelů.

Výrobci a distributoři zvyšují marketingové iniciativy na růstu potencionálního trhu. Kabinové filtry nabízejí vyšší ziskovou marži než u ostatních typů automobilových filtrů. Přibližně 27 firem nabízí kabinové filtry v USA a Kanadě na trhu s náhradními díly. Tři největší výrobci tvoří odhadem 76,4 procent z příjmů na tomto trhu. Jsou to Freudenberg Nonwovens, Affinia Group a ArvinMeritor. Na obr. č. 27 jsou naznačeny různé pohledy související s trhem kabinových filtrů. [20]



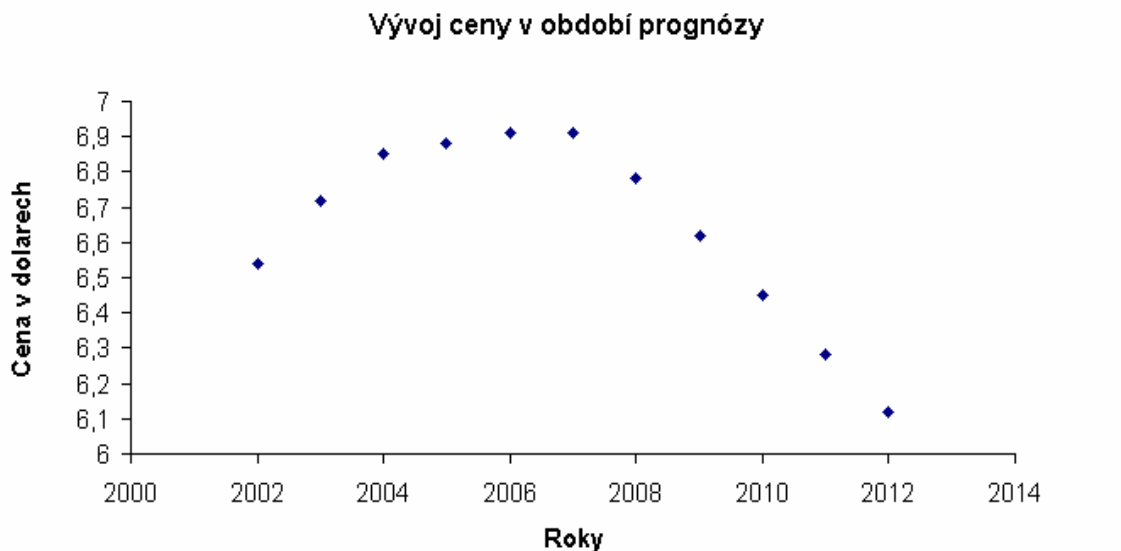
Obr.č. 27: Naznačení pohledů a výzev na severoamerickém trhu kabinových filtrů.

Cenová předpověď

V roce 2005 bylo identifikováno 27 výrobců kabinových filtrů, to je velký nárůst oproti roku 2002, to jich bylo pouze osm. S přibývajícími roky nabývá konkurence mezi výrobci, což bude znamenat pokles ceny filtrů. Dokonce i při neexistenci nových distributorů, bude pokles cen na základě objemu. Prognóza vývoje ceny je v tab. 2 dle roků a ceny jsou uvedeny v amerických dolarech. [20] Grafické znázornění je na obr. č. 28.

Tab. 2: Prognóza vývoje ceny kabinových filtrů. [20]

2002	\$ 6,54
2003	\$ 6,72
2004	\$ 6,85
2005	\$ 6,88
2006	\$ 6,91
2007	\$ 6,91
2008	\$ 6,78
2009	\$ 6,62
2010	\$ 6,45
2011	\$ 6,28
2012	\$ 6,12



Obr. č. 28: Grafické znázornění vývoje ceny v období prognózy. Na ose x jsou vyznačeny roky a na ose y ceny v amerických dolarech. [20]

Kabinové filtry jsou stále novým výrobkem, přesto již začíná přísun výrobců z Číny a jiných levných oblastí. Několik předních výrobců dováží čínské filtry, protože nejsou schopny vyhovět cenovým požadavkům výroby v USA a Kanadě. Počet prodaných kusů vyrobených v Asii a Latinské Americe bude mít omezující vliv na ceny kabinových filtrů v období prognózy. Přestože dojde k poklesu ceny ve střednědobém až dlouhodobém horizontu, jedním z klíčových faktorů, které budou podporovat vyšší ceny v období prognózy je:

- zvýšený prodej dražších kombinovaných filtrů.

Vzrůstající prodej uhlíkových filtrů a kombinace s elektrostatickým nábojem, zvedá průměrné ceny filtrů. Kombinované filtry jsou dražší, protože obsahují uhlík – ten odstraňuje pachy a plyny. Jeden z předních výrobců Honeywell Consumer Products Group proměnil celé linky na výrobu kabinových filtrů s uhlíkem. [20]

Analýza distribučních kanálů

Mezi hlavní distribuční kanály kabinových filtrů patří:

- servisní mechanici
- značkové prodejny automobilek
- maloobchodní prodejci s automobilovými součástkami
- výrobci kabinových filtrů. [20]

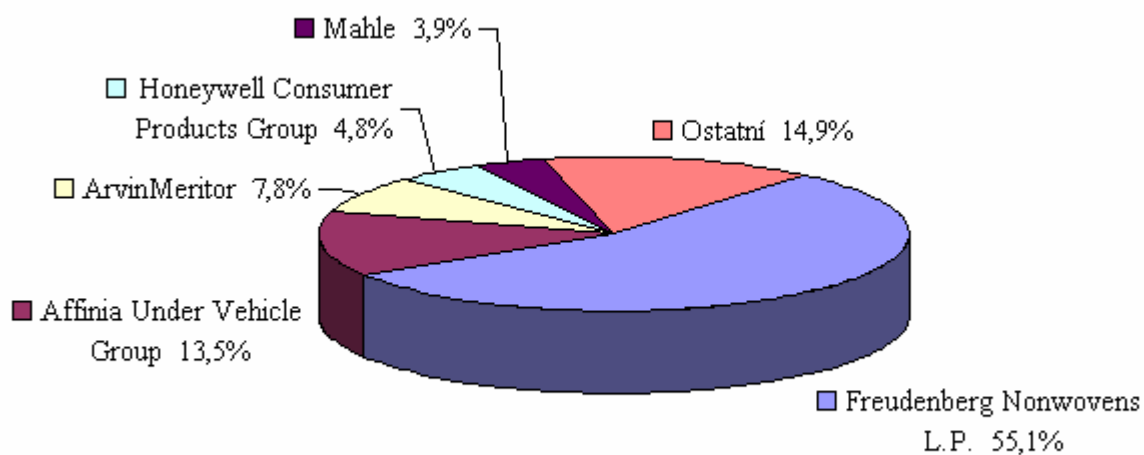
Analýza podílu výrobců na trhu

Tabulka č. 3 a graf č. 29 ukazuje podíly příjmů na trhu hlavních účastníků na severoamerickém trhu s kabinovými filtry za rok 2005. [20]

Tab. 3: Podíly příjmů na trhu hlavních účastníků na severoamerickém trhu za rok 2005.

Společnosti	(%)
Freudenberg Nonwovens L.P.	55,1
Affinia Under Vehicle Group	13,5
ArvinMeritor	7,8
Honeywell Consumer Products Group	4,8
Mahle	3,9
Ostatní (others)	14,9

Mezi ostatní patří: Mann + Hummel Group, Baldwin Filters, Hastings Filters, DENSO, 3M Filtration Products, Champion Laboratories Inc., Valeo [20]



Obr. č. 29: Podíly příjmů na trhu hlavních účastníků na severoamerickém trhu za rok 2005. [20]

6 Hlavní výrobci na trhu

Pro diplomovou práci bylo vybráno a popsáno několik významných společností vyrábějící kabinové filtry.

6.1 Freudenberg Group

Freudenberg nabízí svým zákazníkům řešení technicky náročných výrobků a služeb. Společnost je přítomna na všech významných světových trzích. Roční obrat společnosti byl v roce 2008 € 5,0 miliard eur s více než 32 000 zaměstnanců. Automobilový průmysl pro Freudenberg, představuje 37 procentní podíl z jejich zaměření. [21]

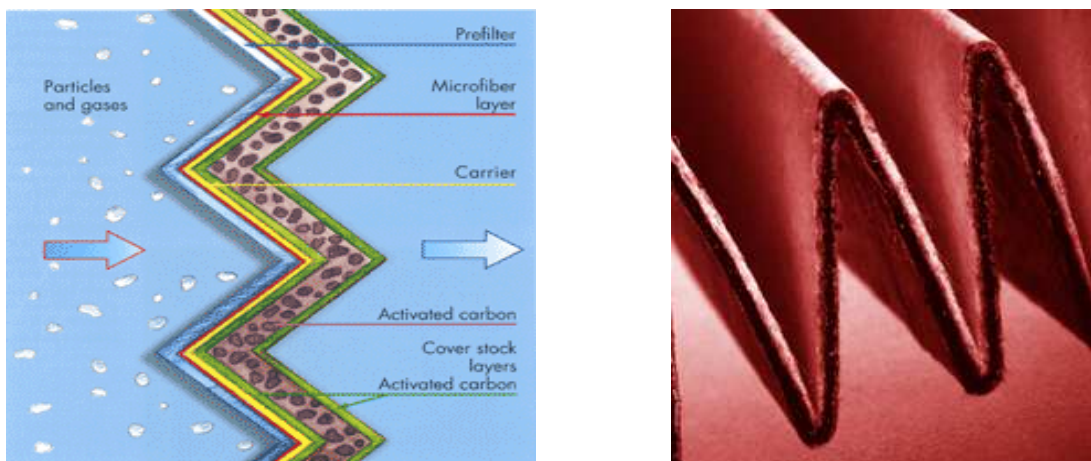
Kabinový filtr – MicronAir

Společnost je certifikovaná podle DIN EN ISO 9001:2000, DIN EN ISO 14001, TS 16949. Pro micronAir se používá vysoce výkonné netkané textilie, vyráběné společností. V laboratořích, je testována dle příslušných norem, specifikací a pokynů.

MicronAir nabízí dvě produktové řady pro efektivní ochranu před znečišťujícími látkami, zejména jemného prachu:

- částicový filtr
- filtr s aktivním uhlíkem. [22]

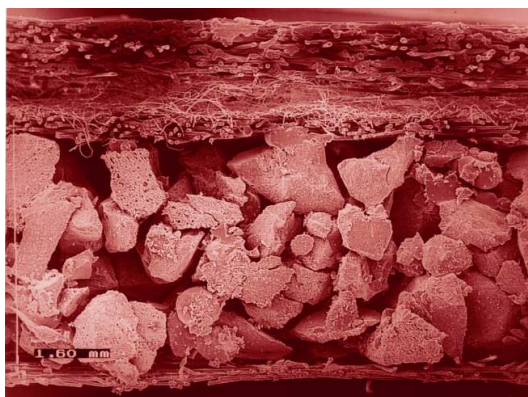
Na obrázku č. 30 a 31 je zobrazen řez kabinovým filtrem.



Obr. č. 30 a 31: Řez kabinovým filtrem a popis jednotlivých vrstev - skládá se z předfiltru, mikrovláknenné vrstvy, nosiče, aktivního uhlí, krycích vrstev aktivního uhlí. [21]

Kabinové filtry MicronAir se skládají z mnohovrstvého filtračního média. Hlavní filtrační médium je obklopeno předfiltrační a zadní vrstvou. Předfiltr a mikrovlákněná vrstva tvoří vylepšenou konstrukci. Tím je zajištěna účinná hloubková filtrace, stejnoměrnost, maximální zachycení prachu s dobrou prodyšností.

Na obr. č. 32 je snímek z rastrovacího elektronového mikroskopu – obraz filtračního média s aktivním uhlím.



Obr. č. 32: Snímek filtračního média s aktivním uhlím z rastrovacího elektronového mikroskopu.

Pod tuto společnost vyrábějící kabinové filtry patří také značka Corteco, která se specializuje na trh s náhradními díly.

6.2 Affinia Group

Kabinové filtry chránící cestující před sazí, pyly a nečistotami společnost inovovala technologií BioShield 75, ta odstraňuje škodlivé mikroby na filtračním médiu a snižuje možnost vdechnutí těchto mikrobů posádce vozidla. Filtry s touto úpravou jsou schopny odolat teplotám 360°C.

BioShield 75 – inovační technologie poskytující neviditelnou ochrannou vrstvu. Tato vrstva zabraňuje působení bakterií, růstu řas a plísní na filtru. Kabinové filtry s touto úpravou se používají jak v osobních tak nákladních vozidlech. [23]

6.2.1 Filtron

WIX-Filtron je výrobce a distributor filtrů pro automobilový průmysl, stroje a motory. Jsou členem mezinárodního motorizačního koncernu Affinia Group. V roce 2009 prodali 51 mil. kusů filtrů. V Polsku zaujímají 43 procentní podíl trhu s filtry. [24]

6.3 Mann & Hummel

Společnost Mann & Hummel byla založena Adolfem Mannem a Erichem Hummelem v Ludwigsburgu, v jihozápadním Německu roku 1941. Zabývá se filtračními systémy a různými komponenty pro automobilový průmysl. Společnost má své zastoupení ve 41 místech po celém světě s 12 400 zaměstnanců. V roce 2008 dosáhla celkové tržby ve výši € 1.825 miliard eur.

Na území České republiky zastupují koncern Mann & Hummel dvě sesterské společnosti. Výrobní závod a centrum strategických služeb v Nové Vsi na Třebíčsku. Zastoupení v Brně poskytuje sesterským společnostem klíčové služby v oblasti účetnictví, informačních technologií, vývoje a konstrukce filtrační techniky a zajišťuje spolupráci s ostatními pobočkami na úrovni mezinárodního nákupu a prodeje. V závodu v Nové Vsi se vyrábějí kapalinové filtry pro automobilový průmysl, vzduchové filtry pro automobilový a strojní průmysl a filtrační vložky pro nezávislý trh s náhradními díly vlastní značky. Obě společnosti dohromady zaměstnávají v současné době v České republice více než 800 zaměstnanců. [25, 26]

Kabinovými filtry se zabývají v Německu. Volba filtračního média je vždy vázaná na výrobce vozidla dle jeho specifikací a prostoru ve vozidle. Kabinové filtry jsou montovány na různých místech dle typu vozidla. [27]

6.4 3M

3M je výrobní společnost působící v řadě oblastí po celém světě: vyrábí na 50 000 různých produktů a výrobků pro kancelář, komerční grafiku, elektro, telekomunikaci, zdravotnictví a automobilový průmysl. 3M je nadnárodní společnost, jejíž divize vzájemně spolupracují na vývoji, výrobě a marketingové podpoře všech produktů.

Mezi nejoblíbenější produkty z kompletního sortimentu kabinových filtrů patří: High Airflow Filter (HAF). [28]

High Airflow Filter (HAF) – standardní

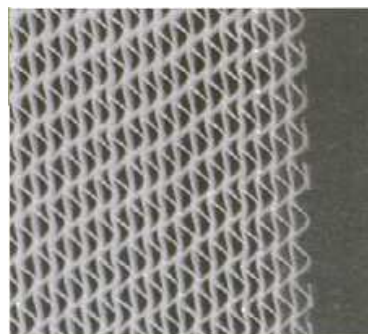
Bylo prokázáno, že pomáhají zachytit polétavý prach, který se může usazovat ve vytápění a klimatizaci, při zachování dobrého proudění vzduchu. [29] Ukázka bílého filtru na obr. č. 33.



Obr. č. 33: High Airflow Filter (HAF) [29]

High Airflow Filter (HAF) – s antimikrobiálními látkami

HAF vzduchové filtry jsou k dispozici s antimikrobiálními přísadami, které pomáhají zabránit růstu plísní na filtru. Plísňe mohou růst na zachycených částicích, které se postupem času upevní na filtru. Filtry HAF jsou vyráběny pomocí inovativních technologií, jsou konstruovány ze sady otevřených kanálků viz. obr. č. 34, 35. Tyto filtry jsou elektrostaticky nabitě pro zvýšení zadržitelnosti částic. [29]



Obr. č. 35: Otevřené kanálky [29]

Obr. č. 34: Otevřené kanálky [29]

Vlastnosti:

- otevřená drážkovitá struktura
- mikrostruktura s elektrostaticky nabitými médii
- 100% syntetický materiál.

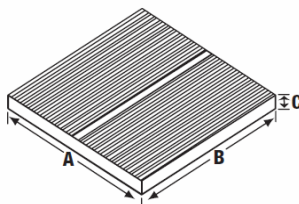
Technické poznámky:

- maximální provozní teplota: 70°C
- čištění - filtry by měly být spíše nahrazeny než čištěny. Filtr však může být vyčištěn praním či vysáváním. To však výrobce nedoporučuje. [29]

Údaje o výkonnosti:

Anti-mikrobiální přísada je začleněna jako integrální součást mikrostrukturního povlaku a nemá žádný vliv na účinnost ve srovnání se standardními HAF filtry. Přísady pomáhají potlačovat růst plísní na filtračním médiu. [29]

Na obr. č. 36 je schematické vyjádření kabinového filtru, rozměry A, B C lze měnit dle typu vozidla.



Obr. č. 36: Rozměry filtru: A-délka, B-šířka, C-výška filtru. [29]

6.5 Orione filter

Orione filter je italská společnost, která se zabývá výrobou kabinových filtrů pro osobní i nákladní automobily. První kabinový filtr byl touto společností vyroben již roku 1983.

Jejich filtry se vyznačují tím, že nepoužívají lepidlo k utěsnění filtračního média, nýbrž natavené těsnění v rámu do něž je filtrační médium vtlačeno. Tím se dosáhne dokonalého utěsnění a zamezení deformací. Kabinové filtry vyrobené touto společností splňují normu EN 779. Vyrábějí částicové i kombinované kabinové filtry. [30]

6.6 Valeo

Valeo je nezávislá průmyslová skupina plně zaměřená na vývoj, výrobu a prodej součástek, integrovaných systémů a modulů pro osobní a nákladní vozy, které jsou určené jak pro výrobce automobilů, tak pro trh náhradních dílů. Je zastoupena ve 27 zemích po celém světě s 121 závody a 51 200 zaměstnanci. Na Evropském trhu to činí 64 závodů s 33 050 zaměstnanci. Kabinové filtry vyrábějí částicové a kombinované. [31]

6.7 Další významní výrobci na trhu s kabinovými filtry

Mezi další významné výrobce na trhu s kabinovými filtry patří:

- Mahle
- ArvinMeritor
- Denso
- Affinia Group
- Johns Manville.

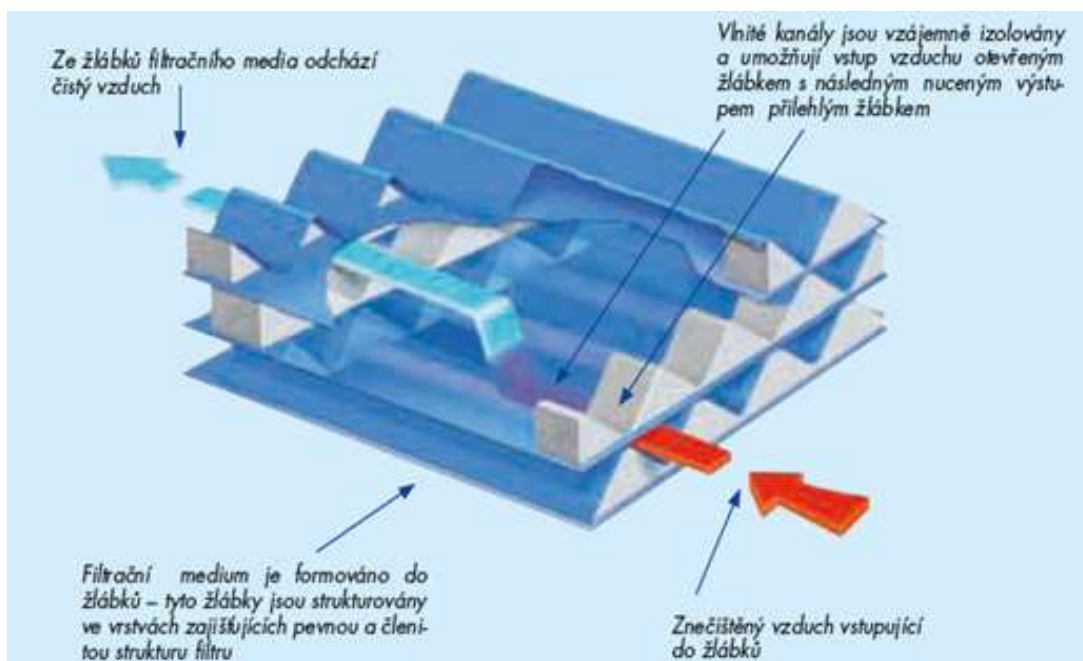
7 Společnosti využívající nanovláken ve vzduchové filtraci

V této kapitole jsou uvedeny společnosti zabývající se nanovláknami ve vzduchové filtraci.

7.1 Donaldson Company

Společnost Donaldson je na trhu téměř 90.let, zabývá se inovační technologií v oblasti filtrace průmyslových zplodin, mlhy, kouře.

Jedním z jejich revolučních technologií filtrace vzduchu se stal PowerCore. Filtrační kazety PowerCore se kombinují s patentovanou technologií nanovláken Ultra-Web. [32] Na obr. č. 37 je zobrazena funkčnost tohoto filtru. Patent této technologie je uveden v kapitole 10.1 Donaldson.



Obr. č. 37: Princip funkčnosti PowerCore. [32]

Výhody PowerCore :

- zvýšení efektivit zachytu prachu a sazí
- systémová flexibilita – menší rozměry filtru při stejné výkonnosti
- dvakrát účinnější než nejlepší celulózoové filtry
- UltraWeb nanovláknenná technologie s účinností 99.98% zadržení prachu
- použita radiální technologie pro snadnější údržbu
- lehká, pevná konstrukce.

PowerCore se vyrábí v mnoha provedeních a velikostech v průmyslovém odvětví, filtrace pro vysoce výkonná vozidla, dále ve stavebnictví, v zemědělství a u mnoha aplikací v oblasti nákladní a těžkotonážní dopravy. [32]

Kabinové filtry pro letecký průmysl

Společnost Donaldson se zaměřuje v oblasti kabinové filtrace na letecký průmysl. Produkty jsou určeny k řešení problémů v nejnáročnějších prostředích zemské atmosféry. Cílem je udržet v kabině letadla příjemné prostředí pro posádku a cestující. HEPA filtry zachycují prach, pyl, kouř, bakterie, viry, spóry a jiné nečistoty. Dvoudílné filtry umožňují vyměňovat levné před-filtrační komponenty k prodloužení životnosti hlavního filtru.

Nanotechnologie Ultra-Web

Je to metoda nanášení nanovláken na konvenční médium. Poskytuje trvalé řešení filtrace při vysokých teplotách a vlhkém prostředí. Nabízí vyšší počáteční účinnost ve srovnání se standardními celulózovými médii. Má vysokou účinnost po celou dobu životnosti filtru. Garantuje provozní účinnosti 99,999% pro odloučení částic o velikosti 0,5 mikronu. [33] Společnost Donaldson nabízí několik desítek filtračních materiálů vhodných pro většinu aplikací průmyslové filtrace.

Použití nanovláken v kabinové filtraci:

Společnost Donaldson prezentovala na konferenci: Nonwovens in Filtration – Fifth International Conference v březnu roku 2003, filtrační aplikace s použitím nanovláken v kabinové filtraci pro těžební stroje. Diskutuje o unikátních vlastnostech nanovláken a posuzuje jejich účinnost.

Snížení znečištění vzduchu v kabině těžebního zařízení je předmětem zájmů pracovníků, těžebních společností a sružení pro ochranu zdraví. Donaldson chce dokázat, že média s vrstvou nanovláken mohou snížit koncentraci prachu v kabině stroje oproti standardním filtračním médiím. Při jejich porovnání média s nanovrstvou vykazovala zvýšení efektivity zachytu, bez vlivu na životnost filtru a bez výrazné změny tlakového spádu. [33]

7.2 Hollingsworth and Vose

Společnost byla založena roku 1843. Zabývá se výrobou filtračních médií. V posledních letech se zaměřuje na filtrační média s použitím nanovlákněné vrstvy. Tato technologie se nazývá Nanoweb. Změnou průměru vláken a tloušťkou vrstvy může poskytovat vyšší účinnost filtrace v široké škále aplikací.

Nanoweb médium je naneseo jako vrstva na netkaný podklad, včetně skla, celulózy, syntetických vláken. Lze je použít pro širokou škálu aplikací. Nanoweb technologie výrazně zlepšuje výkon filtračního média k odstraňování částic z proudů vzduchu. Tento materiál je vhodný pro filtry do vysavačů, plynových turbín, kabinových filtrů a na různá filtrační média v závislosti na aplikaci. [34]

8 Trh s kabinovými filtry

Kabinová filtrace má historicky mnohem silnější kořeny na evropském trhu, ve srovnání s USA a Asii, avšak v posledních letech se instalace těchto filtrů rozšiřuje i mimo Evropu. Zatímco v současnosti evropský trh stagnuje z nasycenosti produktů, v USA značně vzrůstá.

8.1 Ceny kabinových filtrů na českém trhu

V této kapitole byly uvedeny ceny kabinových filtrů přibližnou částkou v českých korunách. Jsou rozděleny dle typu automobilu a druhů výrobců.

Typ auta: Citroen - C4

Mann and Hummel - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 650,-

- cena částicových filtrů 500,-.

Valeo – cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 450,-

- cena částicových filtrů 330,-.

Orione filter – cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 500,-

- cena částicových filtrů 400,-.

Filtron - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 400,-

- cena částicových filtrů 200,-.

Rozměry filtru: délka 285 mm, šířka 175 mm, výška 36 mm.

Typ auta: Škoda - Fabia

Mann and Hummel - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 500 ,-

- cena částicových filtrů 200,-.

Valeo - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 550,-

- cena částicových filtrů 400,-.

Orione filter – cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 500,-

- cena částicových filtrů 300,-.

Filtron - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 400,-

- cena částicových filtrů 200,-.

Rozměry filtru: délka 252 mm, šířka 216 mm, výška 30 mm.

Typ auta: BMW – Serie X5

Mann and Hummel - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 980,-

- cena částicových filtrů 600,-.

Valeo - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 900,-
- cena částicových filtrů 750,-.

Orione filter – cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 500,-
- cena částicových filtrů 670,-.

Rozměry filtru: délka 541 mm, šířka 258 mm, výška 30 mm.

Typ auta: Audi – A6

Mann and Hummel - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 720,-
- cena částicových filtrů 300,-.

Valeo - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 400,-.

Orione filter – cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 450,-
- cena částicových filtrů 350,-.

Filtron - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 800,-
- cena částicových filtrů 320,-.

Rozměry filtru: délka 310 mm, šířka 193 mm, výška 31 mm.

Typ auta: Ford – Fusion

Mann and Hummel - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 650,-
- cena částicových filtrů 570,-.

Valeo - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím se pohybuje 500,-
- cena částicových filtrů 400,-.

Orione filter – cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 500,-
- cena částicových filtrů 400,-.

Filtron - cena kombinovaných filtrů s aktivním uhlím 500,-
- cena částicových filtrů 200,-.

Rozměry filtru: délka 240 mm, šířka 190 mm, výška 35 mm. [35, 36]

8.2 Cenová kalkulace filtračního média

Pro cenové zhodnocení bylo vybráno jako filtrační médium celulózový papír, jelikož se pro kabinovou filtraci stále více používá. V experimentální části, viz. kapitola 11, byly použity dva typy filtračního papíru s různou plošnou hmotností nanovrstvy. Obecně se uvádí cena filtračního papíru \$ 3 za kg.

V experimentu byl použit filtrační papír od společnosti Neenah Gesser s plošnou hmotností 0,1142 kg/m². Při přepočtu s \$ 3 za kg byla vypočtena cena toho filtračního média \$ 0,34 za 1 m².

Druhé filtrační médium bylo od společnosti Filkom s plošnou hmotností 0,1418 kg/m². Při přepočtu s \$ 3 za kg byla vypočtena cena toho filtračního média \$ 0,42 za 1 m².

Pro přehled uvedených filtračních médií, jejich plošné hmotnosti a ceny jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4: Přehled filtračních médií, jejich plošné hmotnosti a ceny.

Obecně cena filtračního média		\$ 3 za kg
Filtrační papír od spol. Neenah Gesser	0,1142 kg/m ²	\$ 0,34 za 1 m ²
Filtrační papír od spol. Filkom	0,1418 kg/m ²	\$ 0,42 za 1 m ²

Pro výpočet nákladů na filtrační médium kabinových filtrů byl zvolen jako příklad typ vozidla Škoda Fabia o rozměrech filtru – délka 252 mm, šířka 216 mm, výška 30 mm.

Cena kabinového filtru pro Škodu Fabia – filtrační papír od spol. Neenah Gesser

Spotřeba filtračního média na kabinový filtr Škoda Fabia o rozměru 1,512 x 0,216 m je 0,327 m². Hmotnostní přepočet tohoto rozměru je 0,037 kg a cena činí \$ 1,3 za předpokladu \$ 3 za kg. Tyto data jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5: Přehled výpočtu pro cenu filtračního média.

Rozměr filtračního média	1,512 x 0,216 m
Plocha filtr. média	0,327 m ²
Hmotnost filtr. média	0,037 kg
Cena filtr. média	\$ 0,11

Cena kabinového filtru pro Škodu Fabia – filtrační papír od spol. Filkom

Postup výpočtu je obdobný jako v předchozím výpočtu. Data jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6: Přehled výpočtu pro cenu filtračního média.

Rozměr filtračního média	1,512 x 0,211 m
Plocha filtr. média	0,327 m ²
Hmotnost filtr. média	0,0463 kg
Cena filtr. média	\$ 0,13

8.3 Cenová kalkulace nanovlákné vrstvy

Cenová kalkulace nanovlákné vrstvy byla zpracována společností Elmarco. V této části kapitoly se vychází z jejich uvedených dat. V tabulkách jsou uvedeny výstupní data 2 a 4 výrobních modulů a ceny nanovlákné vrstvy o plošných hmotnostech 0,03 g/m² a 0,05 g/m². Rozepsaná cenová kalkulace nanovlákné vrstvy je uvedena v příloze 1.

Tab. 7: Výstupní data výrobních modulů a cena nanovlákné vrstvy o plošné hmotnosti 0,03 g/m².

	2 výrobní moduly	4 výrobní moduly
Celková rychlost	18 m/min	36 m/min
Průměr nanovláken	150 nm	150 nm
Produkce za den	36 081 m ² /den	72 161 m ² /den
Produkce za rok	13 200 000 m ² /rok	26 300 000 m ² /rok
Cena bez odpisů	0,03 USD/m ²	0,024 USD/m ²
Cena s odpisy	0,06 USD/m²	0,05 USD/m²

Tab. 8: Výstupní data výrobních modulů a cena nanovlákné vrstvy o plošné hmotnosti 0,05 g/m².

	2 výrobní moduly	4 výrobní moduly
Celková rychlost	12,9 m/min	25,7 m/min
Průměr nanovláken	150 nm	150 nm
Produkce za den	25 772 m ² /den	51 544 m ² /den
Produkce za rok	9 400 000 m ² /rok	18 800 000 m ² /rok
Cena bez odpisů	0,042 USD/m ²	0,034 USD/m ²
Cena s odpisy	0,09 USD/m²	0,06 USD/m²

8.4 Náklady na filtrační médium s nanovrstvou

Jako příklad určení ceny filtračního papíru s nanovrstvou byl zvolen typ automobilu Škoda Fabia o ploše filtračního média 0.3266 m² cenové propočty filtračního média jsou uvedeny v tabulkách 9, 10, 11, 12.

Tab. 9: Určení ceny filtračního papíru od spol. Filkom s plošnou hmotností nanovrstvy 0,03 g/m², která byla vyrobena na výrobní lince o 2 modulech.

Cena nanovrstvy na rozměr filtru	\$ 0,0196
Cena filtračního média na rozměr filtru	\$ 0,13
Cena filtračního média s nanovrstvou	\$ 0,1496

Cena filtračního média s nanovrstvou vzrostla o 15% oproti původní ceně filtračního média bez nanovrstvy.

Tab. 10: Určení ceny filtračního papíru od spol. Filkom s plošnou hmotností nanovrstvy 0,03 g/m², která byla vyrobena na výrobní lince o 4 modulech.

Cena nanovrstvy na rozměr filtru	\$ 0,0163
Cena filtračního média na rozměr filtru	\$ 0,13
Cena filtračního média s nanovrstvou	\$ 0,1463

Cena filtračního média s nanovrstvou vzrostla o 13% oproti původní ceně filtračního média bez nanovrstvy.

Tab. 11: Určení ceny filtračního papíru od spol. Neenah Gesser s plošnou hmotností nanovrstvy 0,05 g/m², která byla vyrobena na výrobní lince o 2 modulech.

Cena nanovrstvy na rozměr filtru	\$ 0,0294
Cena filtračního média na rozměr filtru	\$ 0,11
Cena filtračního média s nanovrstvou	\$ 0,1394

Cena filtračního média s nanovrstvou vzrostla o 27% oproti původní ceně filtračního média bez nanovrstvy.

Tab. 12: Určení ceny filtračního papíru od spol. Neenah Gesser s plošnou hmotností nanovrstvy 0,05 g/m², která byla vyrobena na výrobní lince o 4 modulech.

Cena nanovrstvy na rozměr filtru	\$ 0,0196
Cena filtračního média na rozměr filtru	\$ 0,11
Cena filtračního média s nanovrstvou	\$ 0,1296

Cena filtračního média s nanovrstvou vzrostla o 18% oproti původní ceně filtračního média bez nanovrstvy.

Shrnutí

V uvedených tabulkách bylo provedeno porovnání cen samostatného filtračního média, cen nanovrstev a filtračních médií s nanovrstvou. Navýšení ceny bylo též uvedeno v procentech. Cena filtračního média je závislá na své hmotnosti. Z technicko-ekonomického hlediska při porovnání uvedených výrobců, by cenově nejvýhodněji vycházelo filtrační médium s nanovrstvou 0,05 g/m² od spol. Neenah Gesser vyrobeno na 4 výrobních modulech. V úvahu byla také brána nejvyšší efektivita zachytu u této plošné hmotnosti nanovrstvy, (viz. kap. 11).

9 Literární rešerše

9.1 Požadavky na kabinovou filtraci

Heinz Reinhardt v odborném článku „Automobilové trendy: požadavky na kabinovou filtraci“ - zkoumá OEM (přímé dodavatelé), OES (trh s originálními náhradními díly) a IAM (nezávislý trh s náhradními díly) segmenty kabinové filtrace, a zavádí olfaktometrické testování, které může poskytnout zájemcům užitečné informace o účinnosti kabinového filtru.

Heinz Reinhardt poukazuje, že pro rozhodující úspěch společnosti je dbát na přání a požadavky zákazníků, potřeby trhu, potřeby dodavatelů kabinových filtrů. Důležitá je také komunikace, distribuce a cena. Charakteristickým rysem tohoto výrobku je, že se musí pravidelně měnit bez ohledu na jeho technické provedení. Instalace kabinových filtrů je v rozdílné fázi svého životního cyklu v produkčních oblastech světa. V Americe a Asii se očekává růst prodeje. To však není případ pro Evropu, kde již bylo dosaženo více jak 90% instalování kabinových filtrů do automobilů. Předpoklad budoucího růstu trhu OEM mimo Evropu je založena na sociálně-kulturní trendech, jako je zvýšení povědomí o zdraví a pohodlí, požadavky společně s pokračujícím růstem alergie a souvisejících zdravotních potíží.

Nový nástroj pro testování kabinových filtrů je použití měření olfaktometrie DIN 13725 a VDI 3882, část 1. Použití této metody dává objektivní obraz vnímání zápachu. [37]

9.2 Vliv teploty a vlhkosti na kabinové filtry

Schmidt F, Sager U, Dauber E v článku „Dynamické chování adsorpce kabinových filtrů“, řeší stále populárnější kabinovou filtraci. Tyto filtry jsou určeny k odstranění částic a plynných znečišťujících látek ze vzduchu. Odstranění škodlivých plynů se uskutečňuje prostřednictvím adsorpční vrstvy aktivního uhlí. Podle německých a mezinárodních standardů jsou tyto filtry testovány při teplotě 23°C a 50% relativní vlhkosti vzduchu. V praxi jsou však vystaveny širší řadě teplot, vlhkosti a vstupní koncentraci. Tyto parametry mají výrazný vliv na adsorpci, také ovlivňují adsorpční kapacitu filtru. Experimentální testy filtrů byli provedeny na katedře Chemical Engineering, na univerzitě Duisburg s měnící se teplotou, relativní vlhkostí vzduchu a vstupní koncentrací ukazují, že adsorpční kapacity jsou podstatně sníženy vyšší

teplotou nebo vyšší relativní vlhkostí. Pokud teplota nebo relativní vlhkost vzduchu stoupá vzniká vyšší koncentrace emisí. [38]

9.3 Požadavky na výrobní linky kabinových filtrů

Reinhardt E, Sperling M, Rabofsky K v článku „Zajištění flexibility ve výrobě kabinových filtrů“ se zabývají vysoce automatizovanou výrobní linkou pro kabinové filtry, linka je určena se snadno přizpůsobit řadě požadavků. Díky znečištění životního prostředí, zvláště ve městech, přispívá k instalaci kabinových filtrů. Nicméně rozdíly ve filtračních materiálech a geometrii znamenají, že výrobní linka kabinových filtrů musí být extrémně flexibilní. V následujícím článku je popsána vysoká automatizace výrobní linky na výrobu kabinových filtrů, je navržena ke snadnému přizpůsobení velkého množství navrhovaných požadavků. [39]

9.4 Vývoj kabinové filtrace v automobilech

Ptak TJ dává přehled kabinové filtrace, která patří mezi standardní výbavu v mnoha Evropských a Amerických vozidlech. Nejprve byly pouze filtry pevných částic, které snižovali jejich koncentraci. Druhá generace kabinových filtrů má schopnost snížit nejen koncentraci tuhých látek ve vzduchu, ale i plyných znečišťujících látek. Tyto filtry poskytují další zlepšení kvality ovzduší interiéru vozidla, a získávají popularitu v řadách luxusních automobilů. V tomto dokumentu je popsán současný stav kabinové filtrace vzduchu. Diskutovány jsou: filtrační média, filtrační struktury, mechanismy částic a odstranění plyných znečišťujících látek. Poskytováno je také posouzení typických požadavků na výkon filtru a problémy s tím spojené. [40]

Další problematikou se autor zabývá v článku: „Netkané filtrační médium pro automobilovou filtraci vzduchu“.

Primární funkcí vzduchového motorového a kabinového filtru je odstranění nežádoucích kontaminantů, které vstupují do motoru a prostoru pro cestující. Aby mohla být navržena cílová aplikace motorového a kabinového filtru, musí správně fungovat a udržovat výkon tak dobře, jako při konstrukční neporušitelnosti během vystavení typickému a často drsnému pracovnímu prostředí po dobu životnosti filtru. U obou aplikací se používá k seznámení s požadavky na filtrační médium vhodného výkonu popsání parametry při tlakovém spádu, účinnosti filtrace, prachového objemu, konstrukční vlastnosti. Netkaná filtrační média by měla být úspěšně použita

k filtraci automobilových olejů, paliva a vzduchu. Filtrační vložka vedla výrobce k vývoji netkaného filtru s vyšší prachovou kapacitou než má tradiční celulózový papír. Netkaná filtrace dominuje u kabinového filtru, který je jedním z nejnovějších a nejrychleji rostoucích automobilových aplikací. Tento dokument poskytuje hodnocení netkaného filtračního média použitého v motorové a kabinové filtraci vzduchu. Je popsána funkčnost filtračního mechanismu a struktura média. Vzhledem k tomu, konstrukce motorového a kabinového filtru je založena na požadavcích výkonu filtrace, funkčních kritérií a tvarových omezení. [41]

9.5 Test účinnosti kabinových filtrů

Rudell B, Wass U, Horstedt P, Levin J, Lindahl R, Rannug U, Sunesson A, Ostberg Y a Sandstrom T se v odborné studii zabývají účinností kabinových filtrů na snížení zdravotních následků z výfukových plynů na lidských subjektech.

Cílem toho článku je: Hodnocení účinnosti různých kabinových filtrů na snížení průniku komponentů z výfukových plynů. Tím dojde ke snížení zdravotních následků. Filtrovaný vzduch a nefiltrované zředěné výfukové plyny vznětových motorů (DDE) byly použity pro kontrolu negativních a pozitivních účinků, v tomto pořadí byly srovnávány s výfukovými plyny DDE filtrovaných pomocí čtyř různých kabinových filtrů.

Na studii se podílelo 32 zdravých nekuřáků (věk 21-53). Ve speciálně konstruované expoziční komoře byl každý jedinec vystaven šestkrát za hodinu: vzduchu, nefiltrovanému DDE, a DDE filtrovaného pomocí čtyř různých kabinových filtrů. Koncentrace částic v průběhu vystavení nefiltrovaného DDE byly 300 mikrogramů/m³. Dva z testovaných filtrů byly částicové. Další dva částicové filtry v kombinaci s aktivním uhlím, ty snižovaly plynné složky. Byly zaznamenány subjektivní příznaky jedinců, nosní výplach dýchacích cest (NAL). Byly provedeny akustické rhinometry a měření plicních funkcí.

Výsledky: u dvou částicových filtrů poklesla koncentrace částic z výfukových plynů vznětového motoru přibližně o polovinu, ale nesnížila se intenzita příznaků vyvolaných výfukovými plyny. V kombinaci filtru s aktivním uhlím se výrazně snížily příznaky a nepohodlí způsobené výfukovými plyny. Nejvíce patrné rozdíly v účinnosti mezi filtry byly nalezeny ve snížení detekce nepříjemného zápachu. Dokonce kombinace dvou

uhlíkových filtrů se významně lišila. Zkoumání účinnosti snížení symptomů může záviset na schopnosti snížit určité uhlovodíky. Žádné kritické účinky na NAL, rhinometry a plicní funkce nebyly nalezeny. Závěr této studie ukázal, že použití aktivního uhlí a filtru pevných částic, jasně snižuje intenzitu příznaků vyvolaných výfukovými plyny vznětového motoru. Doplnková studie na automobilových kabinových filtrech může vést k dalšímu snižování biomedicínkových účinků z výfukových plynů u osob vystavených v provozu a na pracovištích. [42]

9.6 Nanovlákná ve vztahu k filtračnímu médiu

Barhate RS, Ramakrishna S, řeší nanovlákná ve vztahu k filtračnímu médiu.

Nanotechnologové objevili nové filtrační médium pro účinnou filtraci. Nanovlákná umístěná ve filtračním médiu se skládají z vláken o průměru v rozsahu 100 až 1000 nm, vyráběna technikou elektorspinning. Tento článek patří k nejmodernější filtraci, užívající jako filtrační médium nanovlákná. Povrch tohoto média je upraven tak, aby zlepšoval účinnost zachycení filtrace. Cílem vývoje pro zlepšení nanovláknenné filtrace dané výrobou je nižší spotřeba energie, delší životnost filtrů, vysoká filtrační kapacita a snadnější údržba. Avšak jsou daná praktická omezení jako tenké záhyby, extrémně nízká hmotnost, křehká membrána. Filtrační média s nanovláknem mohou být použita k filtraci krve, vody, vzduchu, nápojů, plynů, chemikálií, olejů, nafty a benzínu. [43]

Filtrační aplikace s nanovláknenným chitosanem v netkaných textíliích.

Desai K, Kit K, Li JJ, Davidson M se zabývají problematikou chitosanu v nanovláknenném filtračním médiu. Tyto filtry mohou být potencionálně použité v široké škále aplikací od filtračních médií na čištění vody až po vzduchovou filtraci. Nanovlákná vyrobená elektrospinnigem směsí chitosanu/PEO zvlákněná z roztoku na spunbond netkanou polypropylénovou podkladovou vrstvu. Získají se filtrační média s různým průměrem vláken a plošné hmotnosti. Chitosan na sebe váže těžké kovy. Anti-mikrobiální a fyzikální filtrační účinnosti chitosanu byli studovány a korelovány s povrchovými chemickými a fyzickými vlastnostmi nanovláken ve filtračním médiu. Filtrační efektivita nanovláknenných chomáček úzce souvisí s velikostí vláken a povrchem obsahující chitosan. Šestimocný chrom váže do 35 mg chrom/g_chitosanu, prokázalo se, že chitosan na nanovláknenném filtračním médiu spolu s 2-3 zaznamenali snížení bakterií Escherichia coli. [44]

10 Patentová rešerše

10.1 Donaldson Copany Inc.

Společnost Donaldson se zaměřuje na filtry pro automobilový a letecký průmysl. V této rešerši byly vyhledány patenty zabývající se kabinovou filtrací.

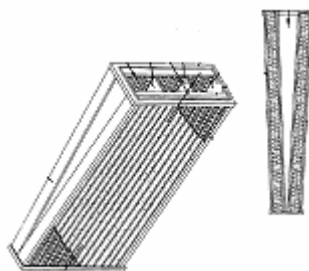
Ve svých patentech společnost uvádí vylepšené vlastnosti polymerních materiálů a jemnost vláken – mikrovláknennou a nanovláknennou strukturu. Tu lze využít v řadě aplikací, včetně tvorby filtračních materiálů.

Ve vynálezech poukazují na polymerní kompozity s lepšími vlastnostmi, které mohou být použity v různých souvisejících aplikacích včetně vytváření vláken, mikrovláken, nanovláken, polymerních materiálů, v různých tvarech nebo forem, deklarují odolnost rozkladu vůči účinkům vlhka, tepla, proudění vzduchu, chemickému a mechanickému zatížení nebo vlivu na filtrační strukturu. Dále v patentech uvádí techniky použité pro výrobu mikrovláken a nanovláken tj. elektrostatické zvlákňování pomocí injekční jehly, trysky, kapiláry. Materiál vynálezu zahrnuje vlákna v rozmezí 0,001 až 10 mikrometrů. Ale upřednostňovaný rozsah je od 0,05 do 0,5 mikrometru.

Vybrané patenty od společnosti Donaldson:

Filtrační systém využívající skládané konstrukce

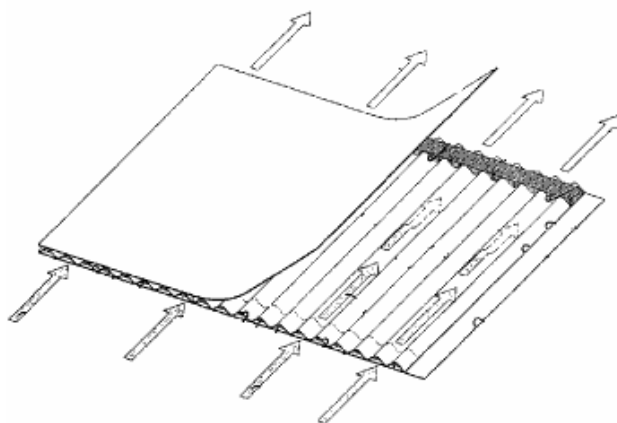
Filtrační systém obsahuje skládané médium upravené o nános jemných vláken. Toto médium je zvláště vhodné při vysokých teplotách (vyšší než 60 °C). Filtrační uspořádání může mít trubkovou formu s radiálním těsnícím prvkem nebo axiálním těsnícím prvkem; přední čištění proudění vzduchu, reverzní čištění proudění vzduchu. Vynález se také týká polymerních materiálů s lepší stabilitou na teplo, vlhkost, mechanické namáhání. Ukázka filtračního zařízení je na obr. č. 38. [45]



Obr. č. 38: Ukázka filtračního zařízení. [45]

Zařízení pro filtraci vzduchu s drážkovaným médiem.

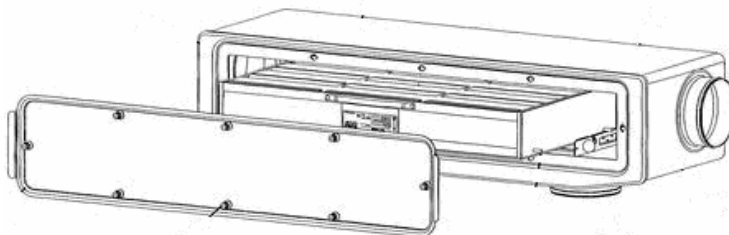
Filtrační zařízení obsahující filtrační médium s podélnými drážkami je povrstveno nánosem jemných vláken (mikrovláken, nanovláken). Médium je mimořádně vhodné při vysokých teplotách systému (větší než 60 °C do 116 °C). Takovéto systémy mohou být obsaženy u motorů, v systémech pro plynovou turbínu, palivových článků, lze je využít i pro kabinovou filtraci. Filtrační systém může mít médium ve tvaru kruhu nebo tvarovaný v příčném řezu. Na obr. č. 39 je zobrazeno filtrační médium s podélnými drážkami. [46]



Obr. č. 39: Filtrační médium s podílnými drážkami. [46]

Filtrační systém s odepínacími a výměnnými filtračními vložkami.

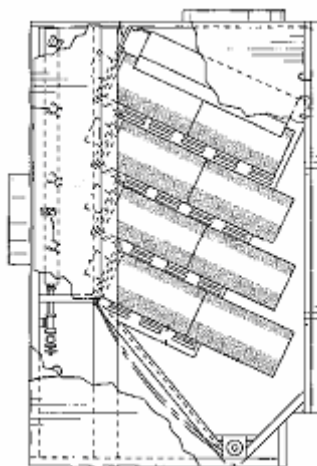
Vzduchová filtrační sestava na obr. č. 40 slouží k odstranění částic, chemických a biologických kontaminantů nebo jejich kombinací z kabiny letadel. Filtrační sestava je lehké váhy a kompaktní velikosti. [47]



Obr. č. 40: Filtrační sestava do kabiny letadel. [47]

Skládaný vzduchový filtr k odstranění částic z proudícího vzduchu.

Filtrační systém pro průmyslové čištění vzduchu obsahuje ohraničené médium, obvykle skládané, upravené nánosem jemných vláken. Médium je zvláště výhodné při vysokých teplotách (vyšší než 60,00 °C.) v provozních prostředích. Na obr. č. 41 je zobrazen skládaný vzduchový filtr k odstranění částic z proudícího vzduchu. [48]



Obr. č. 41: Skládaný vzduchový filtr k odstranění částic z proudícího vzduchu. [48]

10.2 Mycelx technologies corporation

Tato společnost se mimo jiné zaměřuje na odstraňování uhlovodíků z vody a vzduchu. Následující patent se vztahuje k filtraci vzduchu kabiny automobilů a letadel.

Kabinový filtrační systém pro čištění vzduchu.

Tento vynález se vztahuje obecně k filtraci vzduchu, a to konkrétně k zařízení a metodě pro odstraňování nežádoucích znečišťujících látek z ovzduší v oběhu uzavřených kabin letadel, automobilů a dalších vozidel. K této filtraci se používá kompozitní filtrační systém, který je schopen odstranit částice uhlovodíkového aerosolu, těkavé, plynné uhlovodíky. Zároveň zabraňuje mikrobiálnímu růstu plísní na filtračním systému. [49]

10.3 Helsa automotive

Tato společnost je již v dnešní době součástí Mann & Humml. V patentech se společnost zabývá kabinovými filtry s elektrostaticky nabitými vlákny, vrstvou vláken v rozměrech mikrometrů na podkladovém filtračním médiu. V dalším vynálezu se společnost zabývá těsnícím prvkem vyrobeného z elastického materiálu na kabinovém filtru. [50]

Kabinový filtr s elektrostaticky zvlákněnými vlákny na spodní vrstvě.

Filtrační vložky mají vlákna na spodní vrstvě vyrobená elektrostatickým zvlákněváním. Jejich průměr v příčném řezu je o rozsahu 0,1 – 20μm. Spodní filtrační vložka je vyrobena z předeného rouna, vpichovaného rouna, skelné nebo minerální vaty o měrné hmotnosti 10-500 g/m³ nejlépe 10-150 g/m³. [51]

V dalším vynálezu se společnost zabývá a těsnícím prvkem vyrobeného z elastického materiálu na kabinovém filtru.

Filtrační materiál, používaný jako např. kabinový filtr. Skládá se z nosné a adsorpční filtrační vrstvy, která je tvořena z nabitého termoplastického vlákna.

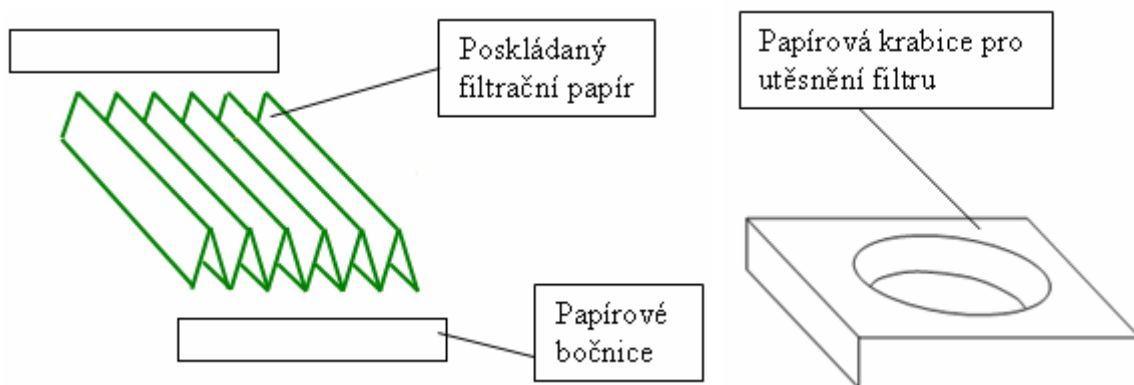
Filtrační materiál se skládá z nosné a adsorpční filtrační vrstvy, která je tvořena nabitými termoplastickými vlákny, ty obsahují nosiče a nabité stabilizátory, které jsou použity na nosné vrstvě. Vlákná jsou dobíjitelná. [52]

11 Experiment

V experimentální části bylo provedeno měření efektivity zachytu a tlakového spádu u ručně skládaného filtračního celulózového papíru. V experimentu byly testovány dva druhy filtračního papíru a to od společnosti Neenah Gesser a Filkom s.r.o., které jsou používány jako filtrační média do kabinových filtrů. Filtrační médium od spol. Neenah Gesser bylo povrstveno nanovrstvou o $0,05 \text{ g/m}^2$ plošné hmotnosti a médium od spol. Filkom bylo povrstveno nanovrstvou o $0,03 \text{ g/m}^2$ plošné hmotnosti. Pro porovnání byly také proměřeny obě filtrační média bez nanovrstvy. Povrstvení filtračních médií bylo provedeno firmou Elmarco a nanovrstva byla zvlákněna z PA6.

11.1 Příprava experimentu

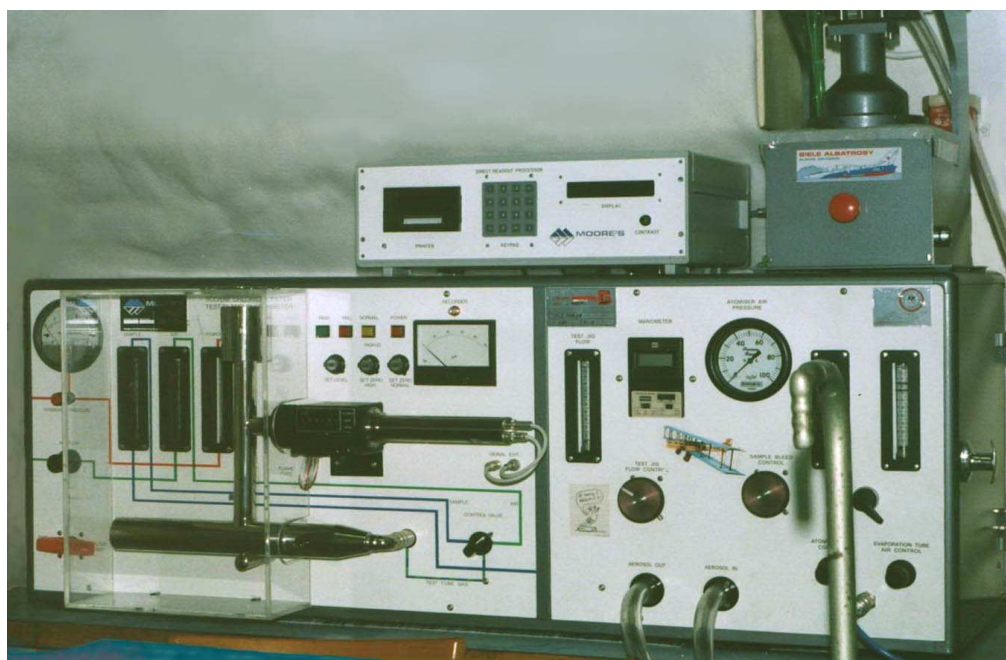
Na základě konzultace, bylo zvoleno pro experimentální vzorek filtru 100 skladů na 1 metr. Tato hustota skladu je považována za neoptimálnější. Vzorek byl ustřižen ve tvaru obdélníku $20 \times 100 \text{ cm}$. Délka vzorku 100 cm byla ručně poskládána do tvaru harmoniky o výšce skladu 2,5 cm, tj. 20 skladů na vzorek. Dále byly ustřiženy dvě papírové bočnice o rozměru $20 \times 2,5 \text{ cm}$ pro zabránění proudění vzduchu podél kraje skladů. Tyto bočnice byly nalepeny na hrany skladů pomocí vrstvy universálního silikonu. Takto zhotovený vzorek byl umístěn do papírové krabice o rozměru $20 \times 20 \text{ cm}$, tak aby nemohlo docházet k nežádoucímu proudění filtrované disperze podél boku filtru. Uprostřed papírové krabice byl vystřižen kruhový otvor o průměru 11 cm. Tento průměr odpovídal průřezu potrubí těsně před filtrem. Na obr. č. 42 je zobrazeno poskládané filtrační médium, papírové bočnice bránící proudění vzduchu podél okraje skladů a papírová krabička na utěsnění filtru.



Obr. č. 42: Princip přípravy vzorku skládaného filtru pro experiment. [3]

11.2 Metoda měření pomocí aerosolu NaCl

Experiment byl proveden na zařízení, které je určeno zejména pro jemné a vysoce účinné filtry, metodou měření pomocí aerosolu NaCl. Test aerosolem NaCl byl použit pro měření počáteční efektivity zachytu a tlakového spádu. Název přístroje, na kterém byl test proveden: Bench Mounting Rig type 1100 P. Toto zařízení měří odlučivost polydisperzních částic o velikosti od 0,02 do 2 μm (medián 0,65 μm) a tlakový spád při náletové rychlosti od 1,5 do 9,5 m/min. Koncentrace částic 13 mg/m³. [53] Na obr. č. 43 je zobrazeno zařízení pro testování aerosolem NaCl.



Obr. č. 43: Zařízení pro testování aerosolem NaCl. [54]

Tento přístroj měří v souladu se standardy:

- BS 4400: „Method for Sodium Chloride Particulate Test for Respirator Filters“,
- EN 143: „Ochranné prostředky dýchacích orgánů-Filtry proti částicím“,
- EN 149: „Ochranné prostředky dýchacích orgánů-Filtrační polomasky k ochraně proti částicím“.
- EN 779, EN 1822, ASHRE 52,2

Princip metody měření

Roztok 10% NaCl je rozprášen a zbaven vody ve vypařovací trubici. Výsledkem jsou částice soli definované velikosti. Tyto částice nalétávají definovanou rychlostí na testovaný vzorek (zároveň je snímán tlakový spád vzorku). V hořáku hoří modrý

plamen směsi vodíku a vzduchu. Projdou – li testovaným filtrem částice NaCl, obarví plamen do žluta. Čím více částic, tím větší intenzita žluté barvy plamene. Intenzitu žluté barvy plamene snímá spektrofotometr. Výstupem je hodnota napětí v mV, hodnota průniku částic testovaným vzorkem je určena vztahem:

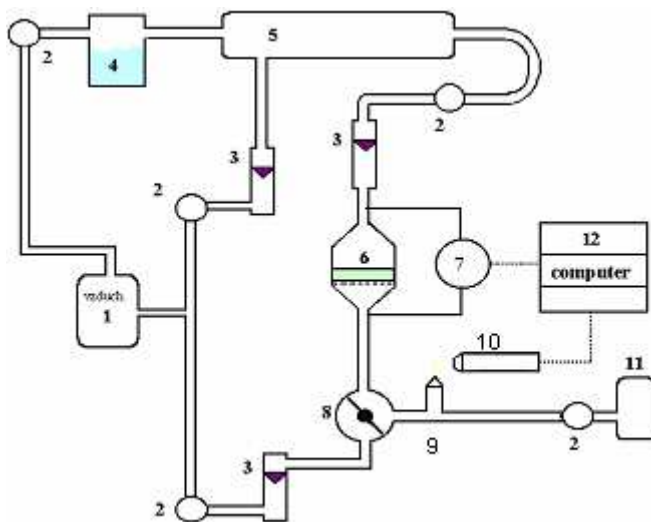
$$P = U1/U2 [\%], \quad (6)$$

kde $U1$ je napětí naměřené na testovaném vzorku, $U2$ je maximální napětí naměřené na tzv. 100% vzorku, tedy za situace, kdy v měřicí cele není upnut žádný vzorek. Pro přesné měření je nutné určit nulový stav přístroje, kdy v hořáku hoří pouze vodík a vzduch přicházející cestou I. [53, 54]

Vzduch může v přístroji procházet v 3 cestami

- I. Cesta je pro určení nulového stavu přístroje a pro výměnu testovaného filtru - vzduch neprochází filtrem.
- II. Cesta je pro určení tlakového spádu filtru a vyčištění přístroje – vzduch prochází filtrem, ale neobsahuje částice soli.
- III. Cesta pro měření průniku částic filtrem. [50]

Na obr. č. 44 je zobrazeno schéma principu přístroje pro testování NaCl.



Obr. č. 44: Schéma principu přístroje pro testování aerosolem NaCl. Popis: 1 přívod stlačeného vzduchu, 2 regulační ventil, 3 průtokoměr, 4 rozprašovač, 5 vypařovací trubice, 6 měřící cela se vzorkem filtru, 7 měření tlakového spádu, 8 přepínací ventil, 9 hořák, 10 spektrofotometr snímající intenzitu žlutého světla, 11 láhev se stlačeným vodíkem, 12 počítač. [53]

Jelikož přístroj udává hodnotu průniku částic testovaným vzorkem, je třeba jí přepočítat na efektivitu zachytu:

$$E = 100 - P [\%], \quad (7)$$

kde P je hodnota průniku částic testovaným vzorkem.

11.3 Popis experimentu

V této části byla měřena efektivita zachytu a tlakový spád u jednotlivých vzorků, při náletové rychlosti částic 5 m/min. Vzhledem k časově náročné přípravě se pro skládané filtry daných parametrů připravilo 7 vzorků. Jelikož vzorky byly skládány ručně, u některých došlo k porušení nanovrstvy, pro vyhodnocení dat bylo možno použít pouze čtyři měření. Skládané filtry bez nanovrstev byly zhotoveny ve čtyřech provedeních. Tabulka 12 udává výsledky měření filtračního papíru od spol. Neenah Gesser s plošnou hmotností nanovrstvy 0,05 g/m². Nanovrstva byla použita jako náletová strana.

Tab. 12: Tlakový spád a efektivita zachytu při plošné hmotnosti nanovrstvy 0,05 g/m².

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita zachytu [%]
Vzorek č. 1	8	71,1
Vzorek č. 2	9	71,6
Vzorek č. 3	9	75,5
Vzorek č. 4	9	73,1
Průměr	8,75	72,8
Směrodatná odchylka	0,5	1,975

Tabulka 13 udává výsledky měření filtračního papíru od spol. Filkom s plošnou hmotností nanovrstvy 0,03 g/m². Nanovrstva byla použita jako náletová strana.

Tab.13: Tlakový spád a efektivita zachytu při plošné hmotnosti nanovrstvy 0,03 g/m².

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita zachytu [%]
Vzorek č. 1	4	68,5
Vzorek č. 2	3	55,2
Vzorek č. 3	4	61,3
Vzorek č. 4	3	61,9
Průměr	3,5	61,73
Směrodatná odchylka	0,577	5,44

Tabulka 14 udává výsledky měření filtračního papíru od spol. Neenah Gesser bez nanovrstvy.

Tab. 14: Tlakový spád a efektivita záchytu bez nanovrstvy.

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita záchytu [%]
Vzorek č. 1	3	17,2
Vzorek č. 2	2	15,1
Vzorek č. 3	2	16,8
Vzorek č. 4	3	15,9
Průměr	2,5	16,25
Směrodatná odchylka	0,6	0,94

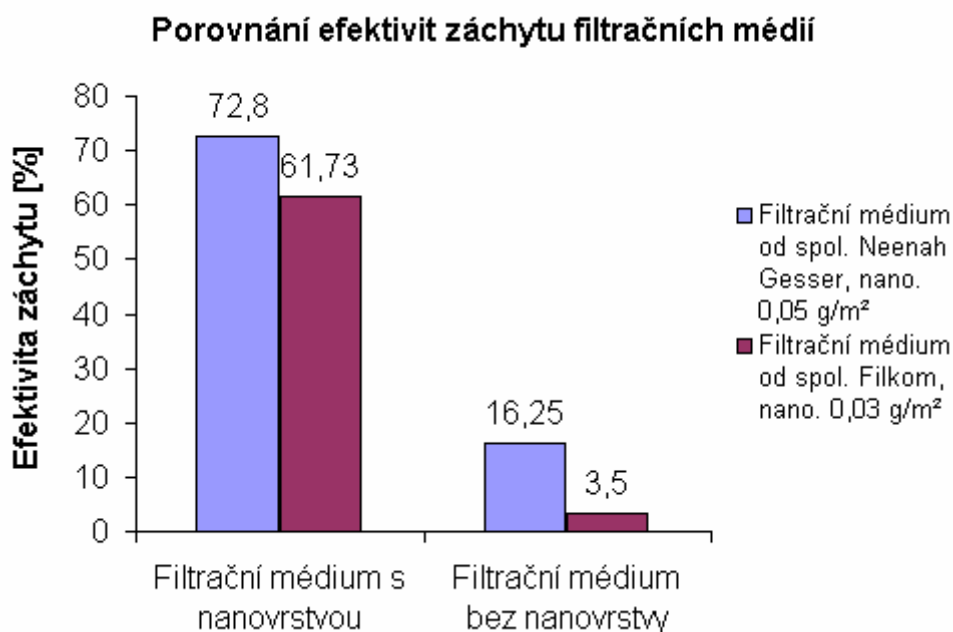
Tabulka 15 udává výsledky měření filtračního papíru od spol. Filkom s.r.o. bez nanovrstvy.

Tab. 15: Tlakový spád a efektivita záchytu bez nanovrstvy.

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita záchytu [%]
Vzorek č. 1	2	5,8
Vzorek č. 2	3	1,6
Vzorek č. 3	3	4
Vzorek č. 4	2	2,6
Průměr	2,5	3,5
Směrodatná odchylka	0,6	1,8

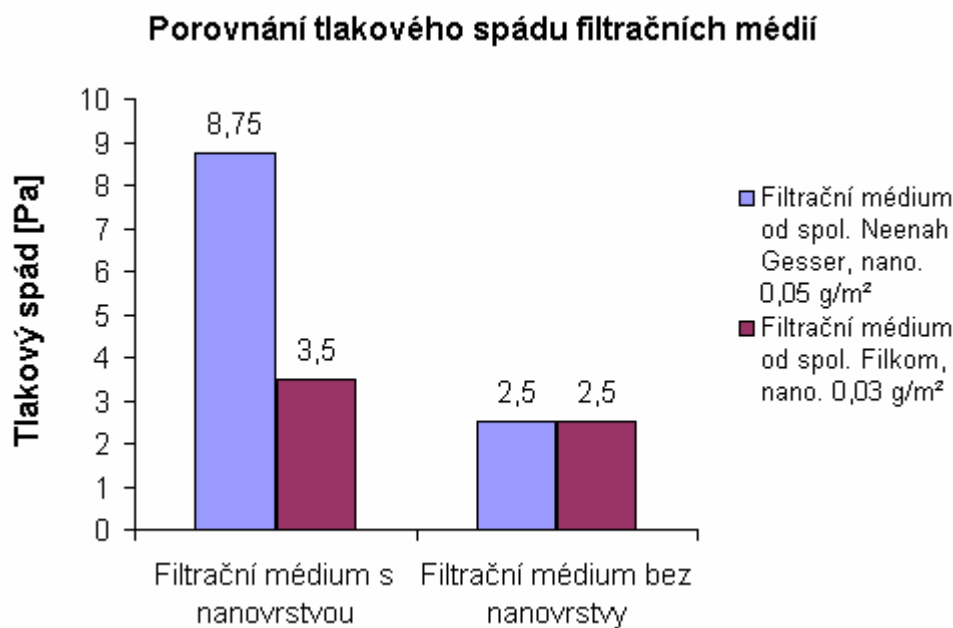
Cílem experimentu bylo zjištění vlivu plošné hmotnosti nanovrstvy na efektivitu záchytu a tlakový spád v porovnání s filtračními médii bez nanovrstvy. Jsem si vědoma toho, že byly použity dva filtrační papíry od různých společností s různými plošnými hmotnostmi nanovrstvy. Tyto média se však používají do reálných kabinových filtrů nižší cenové kategorie, na základě této skutečnosti bylo zvoleno tyto vzorky otestovat. Bylo však těžké přesně porovnávat média s těmito proměnnými. Zhodnocení výsledků bylo provedeno pomocí grafického vyjádření efektivit záchytu a tlakového spádu.

V grafu viz. obr. č. 45 bylo provedeno porovnání výsledků měření efektivit zachytu mezi filtračními médii s nanovrstvou a bez nanovrstvy.



Obr. č. 45: Porovnání efektivit zachytu filtračních médií.

V grafu viz. obr. č. 46 bylo provedeno porovnání výsledků naměřených tlakových spádů mezi filtračními médii s nanovrstvou a bez nanovrstvy.



Obr. č. 46: Porovnání tlakových spádů filtračních médií.

Z grafu je patrné, že s rostoucí plošnou hmotností nanovrstvy se zvýšila efektivita zachytu a zároveň došlo k navýšení tlakového spádu.

Nejprve bylo zvoleno porovnání filtračního média od spol. Neenah Gesser, kde rozdíl efektivit činil 56% mezi médii s nano. a bez nanovrstvy. V procentuálním vyjádření to znamená, že došlo k nárůstu efektivit zachytu o 348% u média s nanovrstvou. Zároveň došlo k navýšení tlakového spádu o 6,25 Pa, což je v procentuálním vyjádření o 250% vyšší než u materiálu bez nanovrstvy.

Při porovnání filtračního média od spol. Filkom s.r.o., byl rozdíl efektivit zachytu 58,23% mezi médii s nano. a bez nanovrstvy. V procentuálním vyjádření to znamená, že došlo k nárůstu efektivit zachytu o 1 764% u média s nanovrstvou. Tlakový spád byl navýšen o 1 Pa, což je v procentuálním vyjádření o 40% vyšší než u materiálu bez nanovrstvy. U filtračního média s nanovrstvou došlo k velkému navýšení efektivit při velmi malém nárůstu tlakového spádu.

Shrnutí

Při porovnání obou filtračních médií, efektivita zachytu byla vyšší při plošné hmotnosti nanovrstvy 0,05 g/m². V obou případech tlakový spád je vhodný pro kabinové filtry.

Z výsledků experimentů je vidět, že nanovrstva dokáže značně zefektivnit filtrační papír a to i ten, který má sám o sobě zanedbatelnou efektivitu. Při zavedení kabinových filtrů s nanovláknennou vrstvou na trh by bylo vhodné použít nanovrstvu o plošné hmotnosti 0,05 g/m², která zvýší efektivitu a cenu lze považovat za přijatelnou.

11.3.1 Vliv teplotního zatížení

Pro doplnění informací o chování nanovláknenné vrstvy na filtračním papíru, byl proveden test teplotního zatížení vzorků. Vzorky byly vystaveny teplotě 90°C po dobu 15 minut. Této maximální teploty je možné v automobilu dosáhnout.

V tabulce 16 je uveden vliv teplotního zatížení na efektivitu zachytu a tlakový spád filtračního média od spol. Neenah Gesser s plošnou hmotností nanovrstvy 0,05 g/m².

Tab. 16: Vliv teplotního zatížení na filtrační médium, nanovrstva 0,05 g/m².

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita záchytu [%]
Vzorek č. 1	9	69,9
Vzorek č. 2	9	69,3
Vzorek č. 3	10	74,5
Vzorek č. 4	10	69,2
Průměr	9,5	70,72
Směrodatná odchylka	0,58	2,53

V tabulce 17 je uveden vliv teplotního zatížení na efektivitu záchytu a tlakový spád filtračního média od spol. Filkom s.r.o. s plošnou hmotností nanovrstvy 0,03 g/m².

Tab. 17: Vliv teplotního zatížení na filtrační médium, nanovrstva 0,03 g/m².

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita záchytu [%]
Vzorek č. 1	4	64,1
Vzorek č. 2	3	50,9
Vzorek č. 3	4	51,4
Vzorek č. 4	3	61,3
Průměr	3,5	56,92
Směrodatná odchylka	0,58	6,77

11.3.2 Vliv vlhkosti na filtrační médium

Po teplotním zatížení, byly vzorky vlhčeny vodou pomocí rozprašovače - 2x stisknut, což odpovídalo 10 ml vody, ve vzdálenosti 0,5 m. Musíme však brát v úvahu, že při rozprašování docházelo i k rozptýlu částic vody mimo testovaný vzorek. Tento experiment se prováděl z důvodu, že kabinový filtr v automobilu, může být vystaven jisté vlhkosti. Tabulka 18 udává vliv vlhkosti na efektivitu záchytu a tlakový spád filtračního média od spol. Neenag Gesser s plošnou hmotností nanovrstvy 0,05 g/m².

Tab. 18: Vliv vlhkosti na filtrační médium, nanovrstva 0,05 g/m².

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita záchytu [%]
Vzorek č. 1	8	71,2
Vzorek č. 2	9	71,6
Vzorek č. 3	9	75,8
Vzorek č. 4	10	69,4
Průměr	9	72
Směrodatná odchylka	0,82	2,71

Tabulka 19 udává vliv vlhkosti na efektivitu záchytu a tlakový spád filtračního média od spol. Filkom s.r.o. s plošnou hmotností nanovrstvy 0,03 g/m².

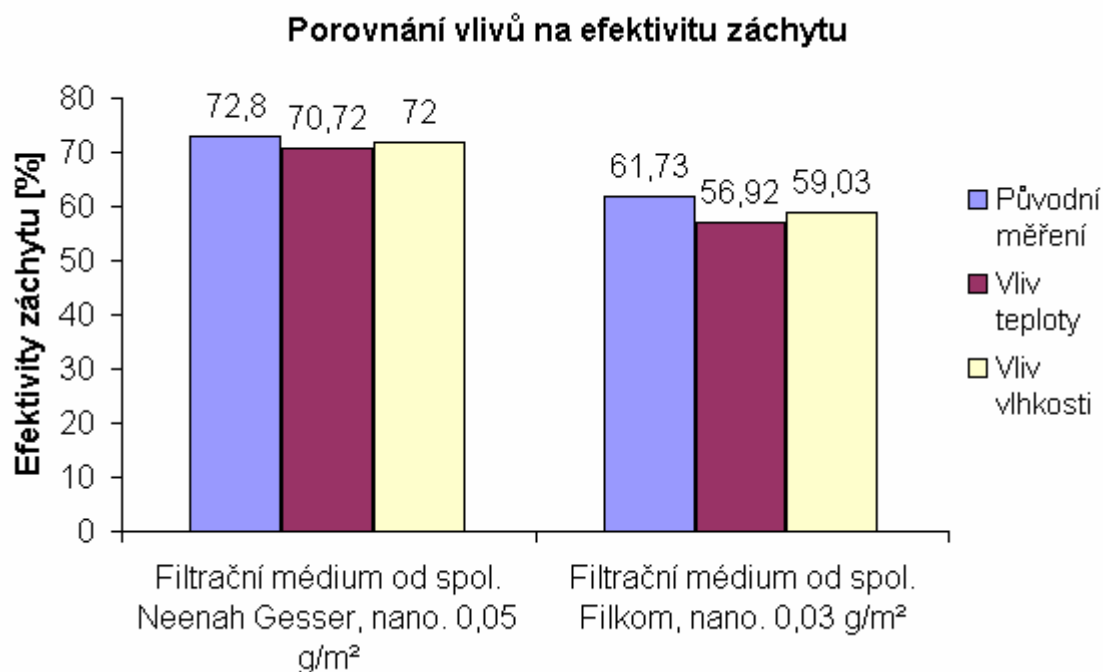
Tab. 19: Vliv vlhkosti na filtrační médium, nanovrstva 0,03 g/m².

	Tlakový spád [Pa]	Efektivita záchytu [%]
Vzorek č. 1	4	53,4
Vzorek č. 2	3	63,7
Vzorek č. 3	4	65,8
Vzorek č. 4	3	53,2
Průměr	3,5	59,03
Směrodatná odchylka	0,58	6,67

11.3.3 Shrnutí vlivu teploty a vlhkosti na efektivitu záchytu a tlakový spád

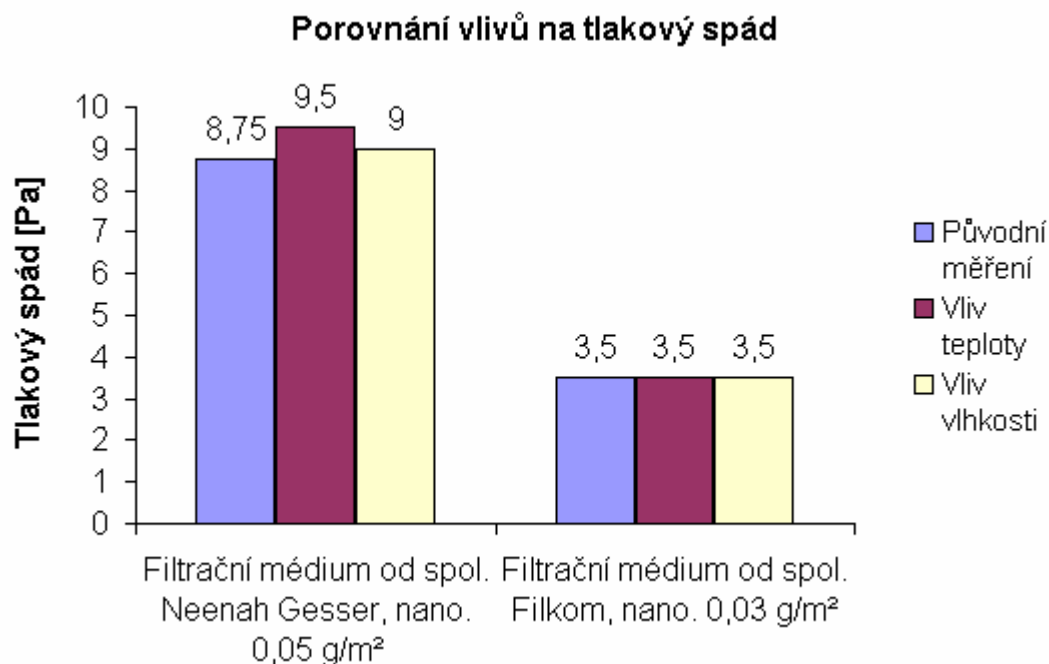
Experiment byl proveden na původních filtračních vzorcích, nejprve byly vzorky vystaveny teplotní zátěži a následně působení vlhkosti.

Porovnání vlivů teploty a vlhkosti na efektivitu záchytu ukazuje graf na obr. č. 47. Vlivem teploty a vlhkosti byla jen velice málo změněna efektivita záchytu, což lze považovat za zanedbatelnou.



Obr. č. 47: Porovnání vlivů teploty a vlhkosti na efektivitu zachytu.

Porovnání vlivů teploty a vlhkosti na tlakový spád ukazuje graf na obr. č. 48. Vlivem teploty a vlhkosti byl jen velice málo změněn tlakový spád u filtračního média od spol. Neenah Gesser s nanovrstvou 0,05 g/m², což však lze považovat za zanedbatelný. U druhého média nedošlo k žádné změně.



Obr. č. 48: Porovnání vlivů teploty a vlhkosti na tlakový spád.

V závěru lze říci, že vlhkost a teplota neměla vliv na filtrační účinky.

Kabinové filtry s nanovláknennou vrstvou na filtračním médiu zvyšují efektivitu zachytu, proto by je bylo vhodné používat jak do osobních automobilů, tak i do nákladní dopravy a těžebních strojů, kde je člověk vystaven vysoké koncentraci prachu v kabině vozidla. Tím by se snížilo zdravotní riziko osob, pracujících v prašném prostředí. Zavedení těchto výrobků na trh by nemuselo být časově náročné, avšak zatím neexistují legislativní předpisy upřesňující produkty s nanovláknem a jejich rizika při používání.

12 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá kabinovými filtry do osobních a nákladních automobilů. V dnešní době se čím dál více klade důraz na zdraví člověka, proto se začalo uvažovat o inovativnosti kabinových filtrů pomocí nanovlákněné vrstvy k zvýšení účinnosti filtrace. Tato diplomová práce byla také vedena společností Elmarco, vyrábějící stroje na výrobu nanotextilií v průmyslovém měřítku.

V této práci se nejprve postupovalo vytvořením literární a patentové rešerše, nadále byla obecně popsána vzduchová filtrace a elektrostatické zvlákňování. Další část byla věnována kabinovým filtrům, studii kabinových filtrů na severoamerickém trhu s náhradními díly, nadále hlavními výrobci na trhu, což mohou představovat potencionální zákazníci pro koupi výrobní technologie na výrobu nanotextilií.

V další části bylo provedeno cenové zhodnocení současných cen kabinových filtrů v maloobchodní distribuci. Na konkrétním příkladě byla vypočtena cena samostatných filtračních médií, cena nanovrstvy a celková cena filtračního média s nanovrstvou v podobě nákladů.

V experimentální části bylo provedeno porovnání dvou různých filtračních médií s nanovrstvou o plošných hmotnostech $0,03 \text{ g/m}^2$ a $0,05 \text{ g/m}^2$ a bez nanovrstvy. Při porovnání obou filtračních médií, efektivita zachytu byla vyšší při plošné hmotnosti nanovrstvy $0,05 \text{ g/m}^2$. V obou případech tlakový spád byl vhodný pro kabinové filtry. Z výsledků experimentu je vidět, že nanovrstva dokáže značně zefektivnit filtrační papír a to i ten, který má sám o sobě zanedbatelnou efektivitu. Nadále byl zkoumán vliv teploty a vlhkosti na filtrační médium. Zkouška byla provedena na původních filtračních vzorcích, nejprve vzorky byly vystaveny teplotní zátěži a následně působení vlhkosti. Vlhkost a teplota neměli vliv na filtrační účinky. Filtrační médium s nanovrstvou by bylo vhodné pro kabinovou filtraci, jelikož odolává teplotnímu a vlhkostnímu zatížení. Při zavedení kabinových filtrů s nanovlákněnou vrstvou na trh by bylo vhodné použít nanovrstvu o plošné hmotnosti $0,05 \text{ g/m}^2$, která více zvýší efektivitu zachytu než $0,03 \text{ g/m}^2$ a cenu lze považovat za přijatelnou.

Tato diplomová práce je první na této univerzitě, která se zabývá průzkumem trhu a cenovým zhodnocením kabinových filtrů. Byla vypracována dle metodiky přípravy

nového výrobku na trh a bude přínosem pro společnost Elmarco v oblasti informací o kabinových filtrech a experimentu. Jak je patrné z experimentu, filtrační médium s nanovláknennou vrstvou zvyšuje účinnost filtrace. Při zavedení těchto výrobků na trh bude přispěno k větší ochraně lidského zdraví.

Doporučovala bych nadále pokračovat v tomto tématu diplomové práce, pokusit se zaměřit na testování kombinovaných filtrů s uhlíkem ve vztahu k nanovláknům. V dnešní době se uhlíková vrstva používá mezi dvěma filtračními médii, proto bych doporučovala zkusit na uhlík nanést nanovláknennou vrstvu, tím by poslední filtrační médium by nemuselo být natolik efektivní. Tuto funkci by za ní převzala nanovláknenná vrstva. Kabinové filtry s nanovláknennou vrstvou by byly vhodné do osobních i nákladních automobilů a strojů pro průmyslovou výrobu.

Kabinové filtry s nanovláknennou vrstvou nejsou zatím průmyslově vyráběny žádnou ze společností zabývajících se touto problematikou.

Použitá literatura:

- [1] Hrůza J.: Textilie pro průmyslové aplikace [přednáška]. Liberec: TUL. 2008-03-10
- [2] Braun R.C.. Air filtration. 1st edition. Sheffield, 1993. ISBN 0 08 041274 2
- [3] Hrůza J. Zlepšování filtračních vlastností vláknenných materiálů [disertační práce]. Liberec: TU, 2006. s. 80.
- [4] Hrůza J.: Textilie pro automobilový průmysl [přednáška]. Liberec: TUL. 2009-04-28
- [5] Jirsák O., Lukáš D., Chaloupek J. a kol.. Výroba a vlastnosti nanovláken [přednáška]. Liberec: TUL
- [6] Reneker D., Yarin A.. Electrospinning jets and polymer nanofibers, Polymer, May 2008, vol. 49, iss. 10, p. 2387-2425.
- [7] Huang Z., Ramakrishna S., Zhang Y.. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, Composites Science and Technology, November 2003, vol. 63, iss. 15, p. 2223-2253.
- [8] Elmarco nano for life [online]. 2010 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.elmarco.com/technology/technologie-nanospider%3Csup%3Etm%3Csup%3E>>.
- [9] Nano.TUL.cz [online]. 2009 [cit. 2010-02-24]. Dostupné z WWW: <<http://nano.tul.cz/nanotechnologie/media/nanospider>>.
- [10] Škoda auto Česká republika [online]. 2009 [cit. 2009-10-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.skoda-auto.cz/CZE/service/spareparts/sortiment/Pages/filters.aspx>>.
- [11] Filtry Mann+Hummel(CZ) – Jan Elišák [online]. 2009 [cit. 2009-10-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.filtry.elisak.cz/>>.
- [12] Mann-filter CZ [online]. 2009 [cit. 2009-11-2]. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mfcz/index.html?iKeys=29.6.854.2.6>>.
- [13] Volvo-kabinové filtry [online]. 2009 [cit. 2009-11-2]. Dostupné z WWW: <<http://www.volvo.com/dealers/cs-cz/Volvo/partsservice/filters/introduction.htm?TAB=6>>.
- [14] Tad Jaroszczyk: AFS short courses, 2005, 2007
- [15] Filkom s.r.o. [online]. 2008 [cit. 2010-3-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.filkom.cz/vzduchove-filtry>>.
- [16] Ahlstrom Corporation [online]. 2010 [cit. 2010-3-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.ahlstrom.com/index~id~2D98ED20807A4903B527A7BEFB9A75BC.asp>>.
- [17] Neenah Gessner [online]. 2010 [cit. 2010-3-17]. Dostupné z WWW: <http://www.neenah-gessner.de/en/products/kfz_filtermedien/kabinenfilter.html>.
- [18] AUTOpart.cz [online]. 2010 [cit. 2010-3-18]. Dostupné z WWW: <http://www.autopart.cz/generate_page.php3?page_id=7601>.
- [19] Toyobo [online]. 2010 [cit. 2010-3-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.toyobo.co.jp/e/seihin/ac/filter/cabin/index.htm>>.
- [20] Frost & Sullivan, North American Cabin Air Filters Aftermarket, F839-18, 2006, United States.
- [21] Corteco [online]. 2010 [cit. 2010-1-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.corteco.com/en/company/at-a-glance/>>.
- [22] Freudenberg [online]. 2010 [cit. 2010-1-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.micronair.com/en/micronair/index.php>>.

- [23] Affinia Group [online]. 2010 [cit. 2010-1-13]. Dostupné z WWW: <www.affiniagroup.com/>.
- [24] Filtron [online]. 2010 [cit. 2010-3-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.filtron.pl/cz/>>.
- [25] Mann + Hummel [online]. 2010 [cit. 2010-2-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/company/index.html?iKeys=3.1.166.1.1>>.
- [26] Mann + Hummel [online]. 2010 [cit. 2010-2-16]. Dostupné z WWW: <<http://www.mann-hummel.com/mhcz/index.html?iKeys=9.6.580.0.0>>.
- [27] Mann + Hummel [online]. 2010 [cit. 2010-2-17]. Dostupné z WWW: <http://www.airnowsupply.com/catalogs/cabin_filters.pdf>.
- [28] 3M [online]. 2009 [cit. 2010-11-29]. Dostupné z WWW: <<http://solutions.3mcesko.cz>>.
- [29] 3M [online]. 2009 [cit. 2009-11-29]. Dostupné z WWW: <<http://multimedia.3m.com>>.
- [30] Orione Filters [online]. 2009 [cit. 2010-4-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.orionefilter.it/eng/filtro-eng.shtm>>.
- [31] Valeo [online]. 2009 [cit. 2010-4-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.valeozebrak.cz/valeo-group/>>.
- [32] Donaldson [online]. 2010 [cit. 2010-2-19]. Dostupné z WWW: <http://www.donaldson-cr.cz/data/powercore/Donaldson_PowerCore_Brochure_Cze.pdf>.
- [33] Donaldson. Nonwovens in Filtration – Fifth International Conference. Nanofiber webs from Electrospinning. March 2003.
- [34] Hollingsworth and Vose [online]. 2010 [cit. 2010-2-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.hollingsworth-vose.com/products/nanoweb/index.html>>.
- [35] Master-Shop.cz, Bc. Jak Kvíčera [online]. 2010 [cit. 2010-3-18]. Dostupné z WWW: <http://www.prag-info.cz/_shop/index.php?shop=MTc5Mw==&akce=rubrika&idoddeleni=16542&digi_menu=&digi_detail=>>.
- [36] Autodily DND [online]. 2010 [cit. 2010-3-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.autodily-dnd.cz/skoda/fabia-kombi/kabinove-filtry-14--c266631/>>.
- [37] Reinhard IH. Automotive trends: cabin air filter demands. Filtration & Separation, November 2005, vol. 42, iss. 9, p. 18.
- [38] Schmidt F., Sager U., Dauber E.. Dynamic adsorption behaviour of cabin air filters. Filtration & Separation, September 2002, vol. 39, iss. 7, p. 43-47.
- [39] Reinhardt E., Sperling M., Rabofsky K. Ensuring the flexibility of cabin air filter production. Filtration & Separation, November 2004, vol. 41, iss. 9, p. 28-29.
- [40] Ptak T.J.. Recent developments in automotive cabin air filtration. Tappi nonwovens conference, 1999, p. 147-156.
- [41] Ptak TJ. Nonwoven filter media for automotive air filtration. Nonwovens conference and trade fair, 1998, p. 141-153.
- [42] RUDELL B, WASS U, HORSTEDT P. Efficiency of automotive cabin air filters to reduce acute health effects of diesel exhaust in human subjects. Occupational and environmental medicine, April 1999, vol. 56, iss. 4, p. 222-231.
- [43] Barhate RS, Ramakrishna S. Nanofibrous filtering media: Filtration problems and solutions from tiny materials. Journal of membran science, June 2007, vol. 296, iss. 1-2, p. 1-8.
- [44] Desai K, Kit K, Li JJ. Nanofibrous chitosan non-wovens for filtration applications. Polymer, July 2009, vol. 50, iss. 15, p. 3661-3669.

- [45] Donaldson Company, Inc. Filtration arrangement utilizing pleated construction and method. Inventors: M Barris, M Gogins, T. Weik. US, 6800117, 2001-05-31.
- [46] Donaldson Company, Inc. Air filtration arrangements having fluted media constructions. Inventors: G Gillingham, P Lake; M Gogins. US, 6974490, 2005-12-13.
- [47] Donaldson Company, Inc. Air filtering system having removable and replaceable filter element. DE, 2003/000385, 2003-10-03.
- [48] Donaldson Company, Inc. Air filter assembly for filtering an air stream to remove particulate matter entrained in the stream. Inventors: Gogins M, Weik T. US, 6716274, 2004-04-06.
- [49] Mycelx technologies corporation. Filtration sytem for purification cabin air. Inventors: Alter H. US, 2009/061462, 2009-05-14.
- [50] Sandler Helmut Helsa Werke. Filter element for cleaning additional air entering cabin of vehicle comprises sealing element made from elastic material and having three or more sides. Inventors: Bauer B.,Schmidt T.,Keibel T.. DE, 10302919, 2004-09-30.
- [51] Sandler Helmut Helsa Werje. Cabin air filter has spun fibres fabricated by an electrostatic spinning process and attached to a substrate. Iventor: Czado W. DE, 10137161, 2003-02-20.
- [52] Helsa Automotive GMBH & CO. Filter material, useful as filter e.g. cabin air filter, circulating air filter and/or vacuum cleaner filter, comprises a carrier layer and an adsorption filter layer, which is formed by hot-melt fibers charged with carrier layer. Inventor: Seitr M., DE, 102007018937, 2008-10-23.

Příloha 1

Cenová kalkulace nanovláknenné vrstvy

Cenová kalkulace nanovláknenné vrstvy je uvedena pro 2 a 4 výrobní moduly, plošná hmotnost nanovrstev 0,03 a 0,05 g/m². V tabulce 1 jsou uvedeny ceny a sazby na provoz stroje.

Tab. 1: Ceny a sazby.

Směnný kurz \$ / CZK	17 CZK
Náklady na pracovní sílu za hodinu	16 USD/hod
Energie (hlavní)	5 CZK/kW/hod
Energie (na katalitické spalování)	0,95 CZK/kW/hod
Kompresní vzduch	0,05 CZK/l
Celkové náklady/m ² /měsíc	50 CZK/m ²
Plocha	500 m ²

Provozní linka o 2 výrobních modulech a plošné hmotnosti nanovrstvy 0,03 g/m²

V tabulce 2 jsou uvedeny základní informace o výrobní lince, v tab. 3 jsou výstupní data výroby a cena nanovrstvy na 1 m².

Tab. 2: Základní informace linky o 2 modulech.

Cena (za stroj + klimatizaci + odtah vzduchu)	1 600 000 USD
Typ linky	PA6
Provozní šířka	1,6 m
Doplňovací vozík pro polymer	1 kusy
Denní využití linky	24 hod
Roky odpisů	4
Čištění odpadního vzduchu	vodní vypírka
Servisní odstávky (plánované a neplánované)	13%
Čistá provozní doba	20,88 hod

Tab. 3: Výstupní data linky.

Plošná hmotnost nanovrstvy	0,03 g/m ²
Rychlost pro 1 modul	9 m/min
Celková rychlost	18 m/min
Průměr nanovláken	150 nm
Produkce za den	36 081 m ² /den
Produkce za rok	13 200 000 m ² /rok
Cena bez odpisů	0,03 USD/m ²
Cena s odpisy	0,06 USD/m²

Provozní linka o 4 výrobních modulech a plošné hmotnosti nanovrstvy 0,03 g/m²

V tabulce 4 jsou uvedeny základní informace o výrobní lince a v tab. 5 jsou výstupní data výroby a cena nanovrstvy na 1 m².

Tab. 4: Základní informace linky o 4 modulech.

Cena (za stroj + klimatizaci + odtah vzduchu)	2 300 000 USD
Typ linky	PA6
Provozní šíře	1,6 m
Doplňovací vozík pro polymer	2 kusy
Denní využití linky	24 hod
Roky odpisů	4
Čištění odpadního vzduchu	vodní vypírka
Servisní odstávky (plánované a neplánované)	13%
Čistá provozní doba	20,88 hod

Tab. 5: Výstupní data linky.

Plošná hmotnost nanovrstvy	0,03 g/m ²
Rychlost pro 1 modul	9 m/min
Celková rychlost	36 m/min
Průměr nanovláken	150 nm
Produkce za den	72 161 m ² /den
Produkce za rok	26 300 000 m ² /rok
Cena bez odpisů	0,024 USD/m ²
Cena s odpisy	0,05 USD/m²

Provozní linka o 2 výrobních modulech a plošné hmotnosti nanovrstvy 0,05 g/m²

V tabulce 6 jsou uvedeny základní informace o výrobní lince a v tab. 7 jsou výstupní data výroby a cena nanovrstvy na 1 m².

Tab. 6: Základní informace linky o 2 modulech.

Cena (za stroj + klimatizaci + odtah vzduchu)	1 600 000 USD
Typ linky	PA6
Provozní šířka	1,6 m
Doplňovací vozík pro polymer	1 kusy
Denní využití linky	24 hod
Roky odpisů	4 roky
Čištění odpadního vzduchu	vodní vypírka
Servisní odstávky (plánované a neplánované)	13%
Čistá provozní doba	20,88 hod

Tab. 7: Výstupní data linky.

Plošná hmotnost nanovrstvy	0,05 g/m ²
Rychlost pro 1 modul	6,43 m/min
Celková rychlost	12,9 m/min
Průměr nanovláken	150 nm
Produkce za den	25 772 m ² /den
Produkce za rok	9 400 000 m ² /rok
Cena bez odpisů	0,042 USD/m ²
Cena s odpisy	0,09 USD/m²

Provozní linka 4 výrobních modulech a plošné hmotnosti nanovrstvy 0,05 g/m²

V tabulce 8 jsou uvedeny základní informace o výrobní lince a v tab. 9 jsou výstupní data výroby a cena nanovrstvy na 1 m².

Tab. 8: Základní informace linky o 4 modulech

Cena (za stroj + klimatizaci + odtah vzduchu)	1 600 000 USD
Typ linky	PA6
Provozní šířka	1,6 m
Doplňovací vozík pro polymer	2 kusy
Denní využití linky	24 hod
Roky odpisů	4
Čištění odpadního vzduchu	vodní vypírka
Servisní odstávky (plánované a neplánované)	13%
Čistá provozní doba	20,88 hod

Tab. 9: Výstupní data linky.

Plošná hmotnost nanovrstvy	0,05 g/m ²
Rychlost pro 1 modul	6,43 m/min
Celková rychlost	25,7 m/min
Průměr nanovláken	150 nm
Produkce za den	51 544 m ² /den
Produkce za rok	18 800 000 m ² /rok
Cena bez odpisů	0,034 USD/m ²
Cena s odpisy	0,06 USD/m²